



ADSP-BF537 EZ-KIT LITE KEHITYSALUSTA

Kari Päivärinta

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011
Tietotekniikka
Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

Tekijä	Kari Päivärinta
Työn nimi	ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalusta
Sivumäärä	59 Sivua
Valmistumisaika	5 / 2011
Työn ohjaaja	Yliopettaja Mauri Inha
Työn tilaaja	Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE on Analog Devicen valmistama kehitysalusta, jolla voidaan toteuttaa monenlaisia ohjelmoitavia sovelluksia kuten ääni- ja internet-sovellukset. Kehitysalustaa voidaan myös käyttää osana suurempaa järjestelmää, jolloin alusta yleensä toimii tiedonkerääjänä tai -tallentajana. Tämä työ käsittelee ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan rakennetta, ominaisuuksia ja käyttökohteita. Työ esittelee kehitysalustan keskeisiä komponentteja, kuten sen kahta prosessoria sekä AD- ja DA-muuntimia.

Kehitysalustaan on saatavilla useita laajennuksia, joiden avulla voidaan entisestään laajentaa sen käyttökohteita. Laajennuksia on saatavilla esimerkiksi Bluetooth- ja videosovelluksia varten. Laajennukset on myös esitelty tässä työssä.

Työssä tutustutaan alustan kahteen ohjelmointikehitysympäristöön, VisualDSP++:aan ja LabVIEW:hin. Työssä suoritetaan LabVIEW:n avulla kehitysalustaa käyttäen äänenmuokkausharjoitus. Työn liitteenä on molempien kehitysympäristöjen asennusopas sekä ohjeet kehitysalustan käyttöönotolle ja käytölle.

Writer	Kari Päivärinta
Thesis	ADSP-BF537 EZ-KIT LITE
Pages	59 pages
Graduation time	May 2011
Thesis supervisor	Senior lecturer Mauri Inha
Co-operating company	TAMK University of Applied Sciences

ABSTRACT

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE is a development board designed by Analog Devices. This thesis describes the architecture, features and use of the development board. In this thesis I introduce the essential components of the board including two processors, AD- and DA-converter.

There are two environment software programs for ADSP-BF537 EZ-KIT LITE: VisualDSP++ and LabVIEW. These software programs are introduced in this thesis. The thesis includes one audio example made by using the development board in LabVIEW environment.

The thesis also contains an installation guide for VisualDSP++, LabVIEW and the development board.

Keywords Digital signal processing, development board, LabVIEW

Alkusanat

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun insinöörityönä keväällä 2011. Työstä on suoritettu osa Tampereen ammattikorkeakoulun tiloissa.

Haluan kiittää Tampereen ammattikorkeakoulua työtiloista ja sen opettajia hyvästä opetuksesta. Lisäksi haluan vielä kiittää kaikkia tekstin oikolukeneita, ja yliopettaja Mauri Inhaa opinnäytetyön ohjauksesta sekä mielenkiintoisen aiheen antamisesta opinnäytetyöhön.

Tampereella 29. huhtikuuta 2011

Kari Päivärinta

Sisällysluettelo

1 Johdanto	7
2 ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalusta	8
2.1 Rakenne	8
2.2 Kehitysalustan laajennukset	10
3 Kehitysalustan ohjelmointi ja kehitysympäristöt	12
3.1 LabVIEW-kehitysympäristö	13
3.1.1 LabVIEW-ohjelman rakenne	14
3.1.2 LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors	14
3.2 VisualDSP++ 5.0	15
4 Kehitysalustan prosessorit	16
4.1 Analog devices ADSP-BF537 Blackfin-prosessori	16
4.2 Analog devices ADSP-BF535 Blackfin-prosessori	18
5 AD1871 AD-muunnin	20
6 AD1854 DA-muunnin	21
7 Kehitysalustan käyttökohteet ja sovellukset	22
7.1 Valmis sovellus	23
7.2 Oma sovellus	25
8 Yhteenveto	28
Lähteet	30
Liite	32
ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan asennusopas	32

LYHENTEET JA TERMISTÖ

RISC	Reduced insruction set computer, filosofia, jossa tietokoneen käskyt pyritään pitään yksinkertaisina ja nopeasti suoritettavina.
DSP	Digital signal processing, digitaalinen signaalinkäsittely.
SPI	Serial peripheral interface, Motorolan tiedonsiirtoprotokolla.
PPI	Paraller peripheral interface, Blackfin-prosessorien sisältämä liitäntä.
FPGA	Field programmable gate array, uudelleen ohjelmoitava digitaalinen mikropiiri.
JTAG	Join test action group, IEEE 1149.1 standartin mukainen portti, jota käytetään mikropiirien testaus- ja kehitysvälineenä.
MAC	Media access control on osajärjestelmä, joka vastaa IEEE 802-verkoissa verkon varaamisesta ja liikennöinnistä.
PGA	Programmable gain amplifier, elektroninen vahvistin, jonka vahvistusta voidaan säätää ulkoisella signaalilla.
DMA	Direct memory access, oikosiirto, jonka avulla tietoa voidaan kopioida oheislaitteen ja muistin välillä ilman, että se kulkee prosessorin kautta.
BGA	Ball grid array, pintaliitoskotelo erilaisille komponenteille esimerkiksi prosesoreille.

1 Johdanto

Tässä työssä tutustutaan Analog Devicen valmistamaan ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustaan. Kehitysalusta sisältää useita eri piirejä ja komponentteja sekä useita liitäntöjä, minkä vuoksi se on hyvin monikäyttöinen. Monikäyttöisyyttä lisää vielä useat kehitysalustaan erikseen saatavilla olevat laajennukset.

Ohjelmointi tapahtuu alustan signaalinkäsittelyprosessoria ADSP-BF537 käyttäen. Ostopakkaus sisältää ilmaisversiot kahdesta kehitysympäristöstä: VisualDSP++ ja LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors. Pakkauksesta löytyy myös kaikki tarpeelliset johdot, joita kehitysalustan käytössä ja ohjelmoinnissa tarvitaan.

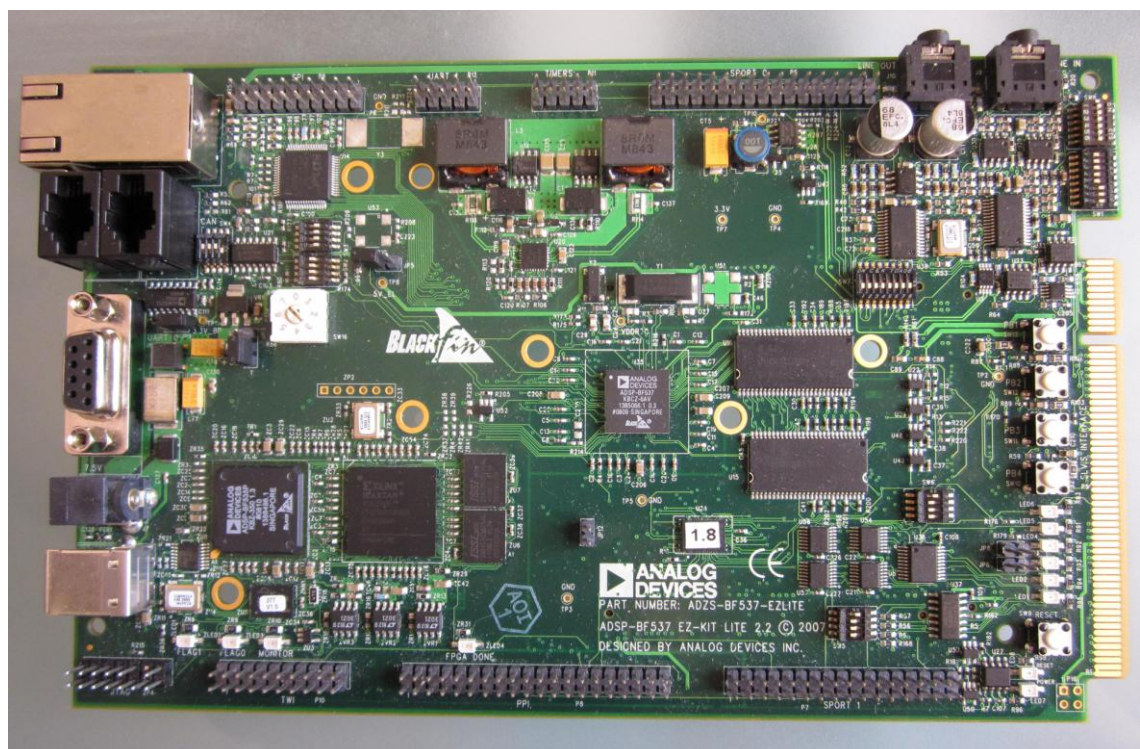
Tämän insinöörityön tarkoituksena on esitellä muun muassa ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan ominaisuuksia, ohjelmointia ja käyttökohteita. Kehitysalustan ohjelmointia ja käyttöä havainnollistetaan työssä olevan LabVIEW-esimerkin avulla. Lisäksi työ sisältää kehitysalustan sekä sen kehitysympäristöjen asennusohjeen.

2 ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalusta

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE on Analog Devicen valmistama kehitysalusta digitaalisen signaalinkäsittelyn sovelluksiin. Kehitysalustan monipuolisuuden ansiosta sitä voidaan käyttää useissa erilaisissa käyttötarkoituksissa. Kehitysalustasta tekee monipuolisen muun muassa sen useat eri liitännät, joita esitellään myöhemmin tässä luvussa.

2.1 Rakenne

Kehitysalusta on fyysisiltä mitoiltaan 12,7 cm x 20 cm. Se sisältää monenlaisia komponentteja ja liitäntöjä, joista tärkeimmät käydään seuraavaksi läpi. Kuviossa 1 on ADSP-BF537 EZ-LIT LITE kehitysalusta.



Kuvio 1: ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalusta

ADSP-BF537 EZ-LITE saa käyttöjännitteensä verkkovirtaan kytkettävän 7 V adapterin avulla. Prosessori säätelee käyttöjännitteen ytimelle sopivaksi siinä olevan regulaattoripiirin avulla.

Alusta kytketään tietokoneeseen USB-liitännän avulla. Yhdistäminen tapahtuu joko alustalla olevan Debug Agentin kautta tai erillisen JTAG-emulaattorin kautta. Mikäli halutaan käyttää erillistä JTAG-emulatoria, niin tällöin emulaattori kytketään tietokoneen USB:stä kehitysalustalta olevaan JTAG-liittimeen.

Alustalla on kaksi Analog Devicen valmistamaa prosessoria, joiden ominaisuudet on esitelty luvussa 4.

Kehitysalusta sisältää kahden tyyppistä ulkoista muistia, SDRAM ja flash. SDRAM muistipiireinä on käytetty kahta MT48LC32M8-piiriä. SDRAMin koko on siis yhteensä 64 megatavua. Flash-muistia alustalla on 4 megatavun verran ja käytössä on ST Micro M29W320EB-piiri. Ulkoisten muistien yhdistäjänä prosessoriin toimii EBIU-rajapinta (External Bus Interface Unit).

Alustalla on myös AD-muunnin AD1871 sekä DA-muunnin AD1854. Näistä kahdesta piiristä ja niiden ominaisuuksista kerrotaan lisää kappaleissa 5 ja 6. Äänisovelluksia varten alustalta löytyy 3,5 mm liitäntä äänen sisään- ja ulostulolle.

Kehitysalusta voidaan kytkeä internetiin RJ-45 ethernet-kaapelin avulla. Internet-sovelluksia varten alustalla on SMSC LAN83C185 lähetin-vastaanotin. LAN83C185 on standardin IEEE 802.3-2002 mukainen ja tukee sekä 10-BaseT (10 Mbits / sec) että 100-BaseT (100 Mbit / sec) operaatioita.

Kehitysalustaan kuuluu myös CAN-väylä, jonka toimintaa ohjaa Philipsin TJA1041 lähetin-vastaanotin. CAN-väylässä on liitäntä kahdelle RJ-10 kaapelille.

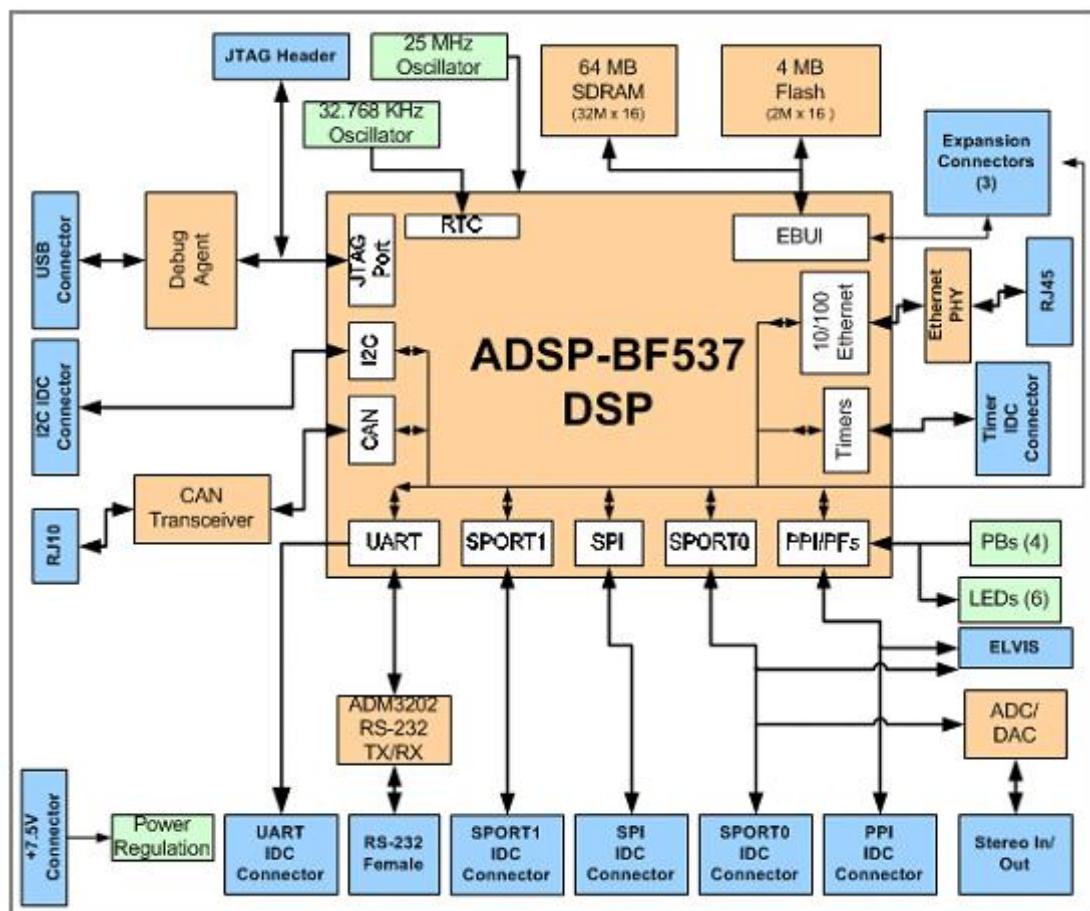
Lisäksi kehitysalustalla on UART eli sarjaliikennepiiri, joka toimii ADM3202 RS232-CMOS-sovitinpiirin avulla. UARTiin on alustalla kaksi eri liitintä: RS-232 naaras sekä UART IDC-liitin.

UARTIN lisäksi alusta sisältää IDC-liittimen myös muun muassa I2C-tiedonsiirtoväylälle, SPI-väylälle, PPI:lle, kahdelle SPORT-liittimelle sekä timerille. IDC-liitännän avulla saadaan prosessoriin liitettyä ulkoisia laitteita tai piirejä sekä sen avulla voidaan helposti tehdä erilaisia mittauksia prosessorin toiminnasta.

Kehitysalustaan kuuluu myös muun muassa kymmenen lediä ja viisi painonappia (reset ja neljä ohjelmoitavaa nappia).

Alustalla on myös kytkimiä sekä jumbpereita, joiden avulla voidaan eri tavoin säädellä kehitysalustan ja siihen liittyvien piirien ja liitäntöjen toimintaa.

Laitteiden ja liitäntöjen yhteydet toisiinsa nähdään kehitysalustan lohkokaaviosta (kuvio 2).



Kuvio 2: Kehitysalustan lohkokaavio (ADSP-BF537 EZ-KIT Lite Evaluation System Manual 2008, 40)

2.2 Kehitysalustan laajennukset

Kehitysalustaan on saatavilla kuusi erilaista laajennusta (Daughter Board). Lisäksi ADSP-BF537 EZ-LITE kehitysalusta voidaan kytkeä yhteen NI ELVIS sovellusalustan kanssa. Laajennukset sisältävät liitäntöjä molemmin puolin, jonka vuoksi niiden

liittäminen samaan kytkentään on mahdollista. Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti ADSP-BF537 EZ-LITE:n laajennukset.

Blackfin Bluetooth EZ-extender mahdollistaa kehitysalustalla Bluetooth-sovellusten tekemisen. Laajennus sisältää Bluegiga WT12 Bluetooth-moduulin, jonka avulla kehitysalustalla tehty sovellus kommunikoi jonkin Bluetooth-laitteen kanssa, esimerkiksi kännykän. Moduuli sisältää Bluetooth radioantennin, täydellisen protokollapinon sekä HCI- ja iWRAP-ohjelmistot (Blackfin Bluetooth EZ-Extender Manual Revision 1.0, 2009).

Blackfin A-V EZ-extender on käyttökelpoinen laajennus esimerkiksi kuvan- ja videonmuokkausta varten. Siihen kuuluu muun muassa analoginen audio- ja videoliitäntä, litteiden paneelinäyttöjen liitäntä sekä liitännät Micronin, Omni Visionin ja Kodakin kamera-moduuleille. Videoliitäntä toimii ADV7183B videodekooderin ja ADV717 videoenkooderin avulla (Blackfin A-V EZ-Extender Manual Revision 2.0, 2006).

Blackfin USB-LAN EZ-Extender sisältää liitännät sekä USB:lle että ethernetille. USB:n toimintaa ohjaa Netchip 2272-kontrolleri, joka mahdollistaa yhteyden USB-LAN EZ extenderin ja kehitysalustan ADSP-BF537-prosessorin välillä ilman, että tarvitaan muita ohjelmoitavia logiikkapiirejä. Kontrolleri on kytketty suoraan prosessorin asynkroniseen muistiväylään. USB-LAN EZ -Extenderiin kuuluu myös SMSC's MII-liitin, jonka avulla kehitysalustan kanssa voidaan kytkeä erilaisia PHY-laitteita kuten esimerkiksi ethernet lähetin-vastaanottimia (USB-LAN EZ-Extender Manual Revision 2.1, 2008).

Blackfin FPGA EZ-Extenderin tärkeimmät osat ovat ohjelmoitava FPGA-piiri ulkoisella muistilla, 25 MHz kideoskillaattori, IDC-liittimet sekä pieni koekytkenälevy. IDC-liitäntä toimii Blackfin-prosessorin ja FPGA-piirin mittauspisteenä, ja sen avulla voidaan liittää mukaan myös ulkopuolisia kytkentöjä. Tämän lisäosan avulla saadaan kätevästi lisää mahdollisuuksia ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan ohjelmointiin (Blackfin FPGA EZ-Extender Manual Revision 2.0, 2006).

Blackfin Audio EZ-Extender on kehitelty erilaisia äänisovelluksia varten. Siinä on kaksi analogista äänikoodekia ja yksi analoginen / digitaalinen äänikoodekki. Tästä laajennuksesta löytyy RCA-liitäntä neljälle analogiselle äänensisäntulolle, kahdeksalle

analogiselle äänenulostulolle sekä yhdelle SPDIF sisään- ja ulostulolle. SPDIF sisään- ja ulostuloa varten Audio EZ-extender sisältää Analog Devicen ADAV801 SPDIF-lähetin-vastaanottimen (Blackfin Audio EZ-Extender Manual Revision 2.1, 2007).

Blackfin Landscape LCD EZ-extender yhdistää Sharp LQ035Q1DH02 3,5” LCD-näytön kehitysalustan Blackfin-prosessorin PPI-porttiin. Prosessorin SPI-portti ja TWI-liitäntä kommunikoi laajennuksen ulkoisen muistin, LCD:n AD7879 kosketusnäyttökontrollerin ja AD7147 kapasitiivisen kosketusnäyttökontrollerin kanssa. Laajennuksessa oleva LCD-näyttö sopii sekä normaaleihin sovelluksiin että vähän virtaa kuluttaviin sovelluksiin (Blackfin Landscape LCD EZ-Extender Manual Revision 1.0, 2008).

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustassa on PCI-liitäntä NI ELVIS-sovellusalustalle (National Instrument Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite). ELVIS sisältää samassa paketissa useita sovelluksia kuten muun muassa koekytkeäalustan, oskilloskoopin ja funktiogeneraattorin. Sitä käytetään enimmäkseen opetuskäytössä, ja siihen on saatavissa paljon erilaisia ohjelmia ja lisälaitteita. Laajennuksia on saatavilla muun muassa tiedonsiirron tutkimista, sulautettujen järjestelmien ja mikrokontrollerien tutkimista sekä dynaamisten järjestelmien simulointia ja analysointia varten. Laajennuksien mukana saadaan tarvittavat LabVIEW:n lisäosat, joiden avulla voidaan ohjelmallisesti hyödyntää lisälaitteita.

3 Kehitysalustan ohjelmointi ja kehitysympäristöt

Kehitysalustan ohjelmointi tapahtuu ADSP-BF537-prosessoria käyttäen. Ohjelmointikielinä voidaan käyttää C, C++, ADSP-BF537 assemblya sekä graafista ohjelmointikieltä LabVIEW:tä. VisualDSP++ 5.0 ja LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors. Molemmat ovat ilmaisversioita, joten käyttöön liittyy tiettyjä rajoituksia.

Kuten aiemmin jo mainittiinkin, yhdistäminen kehitysalustaan VisualDSP++:lla ja LabVIEW:llä tapahtuu alustalla olevan Debug Agentin avulla tai erillisen JTAG-emulaattorin avulla. Kolmas vaihtoehto yhdistämiselle on Analog Devicen valmistama PCI-emulaattori HPPCI-ICE, joka myös liitetään kehitysalustaan JTAG-liittimen kautta.

Kyseinen emulaattori on kuitenkin joutunut JTAG-emulaattoreiden syrjäyttämäksi, ja siksi sen saatavuuskin on nykyään heikkoa.

Oletuksena on, että tietokone yhdistetään alustaan USB-kaapelilla, joka kuuluu ostopakkaukseen. USB-yhteyttä käytettäessä tiedonsiirtäjänä toimii kehitysalustalla oleva Debug Agent. Debug Agentiin kuuluu muun muassa Analog Devicen ADSP-BF535 prosessori, Spartan XC3S250E FPGA-piiri sekä kaksi ISSI IS61LV25616AL-muistipiiriä. Debug Agent tukee BTC-mekanismia, jonka avulla tiedonsiirto VisualDSP++:n ja prosessorin välillä onnistuu ilman prosessorin muun suorittamisen keskeyttämistä. Debug Agent on saatavilla myös erillisenä piirinä sellaisiin Analog Devicen kehitysalustoihin, jotka eivät itsessään sisällä sitä.

Vaihtoehto USB-yhteydelle on erilaiset JTAG-emulaattorit, joita on saatavilla ADSP-BF537 EZ-LITE kehitysalustaan kolme erilaista. Suuremman kaistanleveyden ansiosta JTAG-emulaattori mahdollistaa nopeamman yhteyden PC:n ja prosessorin välillä kuin Debug Agent. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koodi latautuu kehitysalustan prosessoriin nopeammin ja monet debuggauksessa suoritettavat operaatiot kuten esimerkiksi koodin ajaminen käsky kerrallaan ja muistin lukeminen tapahtuvat nopeammin kuin Debug Agentilla. Kun JTAG-emulaattori kytketään kehitysalustan JTAG-liittimeen, niin samanaikaisesti USB-liitäntä ja Debug Agent menevät pois käytöstä.

3.1 LabVIEW-kehitysympäristö

Kun halutaan perinteisen ohjelmoinnin sijasta harrastaa graafista ohjelmointia, siihen sopiva kehitysympäristö on LabVIEW. Tässä kappaleessa on tarkoitus esitellä LabVIEW-ohjelmisto.

LabVIEW on National Instrumentsin valmistama graafista ohjelmointia varten luotu kehitysympäristö. LabVIEW:tä voidaan käyttää esimerkiksi testaus- ja mittaussovelluksissa, erilaiseen tiedonkeruuseen ja analysointiin, sulautettujen järjestelmien suunnittelussa sekä opetus- ja tutkimussovelluksissa.

3.1.1 LabVIEW-ohjelman rakenne

LabVIEW-sovellus eli virtuaali-instrumentti (Virtual Instrument VI) sisältää kolme osaa: etupaneelin, lohkokaaavion ja yhteyspaneelin. Etupaneeli toimii sovelluksen käyttöliittymänä. Etupaneeliin kuuluu ohjausobjektit (painonapit, diagrammit ja muut sisääntulolaitteet) ja indikaattoriobjektit (ledit, grafiikat ja näytöt). Etupaneelissa käyttäjä voi nappien ja ohjainten avulla antaa ohjelmalle ohjausarvoja sekä näyttöjen avulla saada erilaisia tietoja prosessista. Virtuaali-instrumentteja voidaan yhteyspaneelin avulla käyttää toistensa aliohjelmina (SubVI). Tällöin ohjelmallisena rajapintana toimii etupaneeli.

Lohkokaavio on lähdekoodi VI-tiedostolle ja sisältää kuvallisen esityksen sovelluksesta. Etupaneelissa lisätyt komponentit ilmestyvät lohkokaavioon, missä ne sitten lisätään varsinaiseen toteutukseen muiden lohkokaaviossa lisättävien objektien kanssa. Objektit yhdistellään toisiinsa johdotuksilla. Lohkokaaviossa ohjelmaan voidaan lisätä muun muassa silmukoita, funktioita, valmiita laitteita ja taulukoita.

3.1.2 LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors

Jotta ADSP-BF537 EZ-LITE kehitysalustaa voidaan ohjelmoida LabVIEW:n avulla, tarvitaan LabVIEW:n versio Embedded Module for ADI Blackfin Processors. Tässä versiossa voidaan luoda Blackfin-projekti, jossa määritellään ohjelmoitavan kehitysalustan asetuksia kuten esimerkiksi käytettävä prosessori, debuggaus-metodi sekä mitä kautta ohjelma ottaa yhteyden kehitysalustaan. LabVIEW Embedded Module sisältää kehitysalustan ohjelmointiin liittyviä perustoimintoja kuten koodin kääntäminen, ajaminen, pysäyttäminen, debuggaaminen, profilointi, koodin ajaminen käsky kerrallaan sekä keskeytysten asetus lohkokaavioon.

Kun virtuaali-instrumentti on tehty, niin ensimmäisenä se käännetään VisualDSP++-kääntäjän asetuksilla. Seuraavaksi ohjelma ladataan kehitysalustan prosessorille ja samalla LabVIEW:n C-koodigeneraattori generoi lohkokaaviossa tehdyn graafisen esityksen prosessorin ymmärtämälle C-kielelle. Käyttäjä voi vaikuttaa generoinnin asetuksiin kuten esimerkiksi koodin optimointiin.

Kun ohjelma on ladattu prosessorille, se joko käynnistetään normaalisti tai sitä voidaan debugata. Debuggaus on reaaliaikainen yhteys LabVIEW:n ja prosessorin välillä. Debuggaamiseen löytyy kolme eri vaihtoehtoa: debuggaus käyttäen ethernet-kaapelia, sarjakaapelia tai USB:tä. Debuggaamisen yhteydessä voidaan myös käyttää profilointia, jonka avulla voidaan nähdä virtuaali-instrumenttien ja funktioiden suoritusajat. Lohkokaavion objekteihin voidaan myös asettaa keskeytyksiä, jotta saadaan selvitettyä ohjelman mahdollisia virheitä.

LabVIEW Embedded Module sisältää uusia objekteja lohkokaavioon kuten kehitysalustan piirien ajureita ja alustuksia sekä suuren määrän erilaisia funktioita kuten matemaattisia analyysi- ja signaalinkäsittelyfunktioita.

3.2 VisualDSP++ 5.0

Toinen kehitysalustan ostopakkauksen mukana tullut ohjelmisto on VisualDSP++ 5.0 ilmaisversio. Tässä kappaleessa esitellään VisualDSP++ kehitysympäristön tärkeimmät osat ja ominaisuudet.

VisualDSP++ sisältää kääntäjän (compiler), jonka avulla onnistuu C:llä, C++:lla sekä ADSP-BF537-assemblyllä tehtyjen ohjelmien kääntäminen. Kääntäjä muuntaa myös C / C++-kielisen ohjelmakoodin prosessorin ymmärtämälle konekielielelle.

Kokooja (assembler) muodostaa kohdetiedoston kääntämällä konekielisiksi lähde-, data- ja otsikkotiedostot. Kohdetiedosto on muotoa .doj.

Linkitysohjelma (linker) käyttää kohdetiedostoja ja kirjastoja tehdäkseen simulaattorille tai prosessorille ajokelpoisen tiedoston. Tiedosto on .xde-, .sm- tai .ovl-muotoa. Linkitysohjelma myös tuottaa määrittelytiedostoja, joiden tietoja debuggeri käyttää.

Debuggerin avulla voidaan tutkia koodia eri tavoin ja löytää virheitä siitä. Käyttäjä voi asettaa keskeytyksiä (breakpoint) suoritettavan ohjelman symbooleihin ja osoitteisiin, minkä avulla voidaan löytää virheitä esimerkiksi ohjelmalogiikasta. Ehdollisten keskeytyskohtien (watchpoint) avulla käyttäjä saa tietoa rekistereiden, pinon ja muistipaikkojen arvoista ohjelman suorituksen aikana. Ohjelmassa on myös single step

-ominaisuus, jonka avulla lähdekoodin käskyjä voidaan käydä läpi yksi kerrallaan ja samalla tutkia niiden vaikutusta ohjelmaan.

Ohjelma sisältää myös simulaattorin, jonka avulla ohjelmakoodia voidaan testata ja debugata ilman että sitä ladataan prosessoriin. Simulaattorin vasteaika on kuitenkin hitaampi kuin prosessorin käyttämän emulaattorin vasteaika. (VisualDSP++ 5.0 Users guide August 2007 Rev 3.0)

4 Kehitysalustan prosessorit

Kehitysalustalla on siis kaksi prosessoria, jotka esitellään tässä kappaleessa. Alusta on saanut nimensä sen "pääprosessorin" eli ADSP -BF537:n mukaan.

4.1 Analog devices ADSP-BF537 Blackfin-prosessori

ADSP-BF537 on Analog Devicen prosessori, joka kuuluu Blackfin-tuoteperheeseen. Kyseisestä prosessorista on olemassa seitsemän eri mallia. Tässä työssä esiteltävä malli on ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustalla oleva ADSP-BF537KBCZ-6AV. Kyseinen prosessori on koteloiltaan BGA-mallinen ja siinä on 182 nastaa. Blackfin-tuoteperhe sisältää 16- ja 32-bittisiä erityisesti digitaaliseen signaalinkäsittelyyn soveltuvia RISC-prosessoreita. Prosessorit on pyritty valmistamaan tehokkaiksi, mutta vähän virtaa kuluttaviksi. Vuonna 2000 syntynyt Blackfin-tuoteperhe koostuu useasta kymmenestä eri prosessorista.

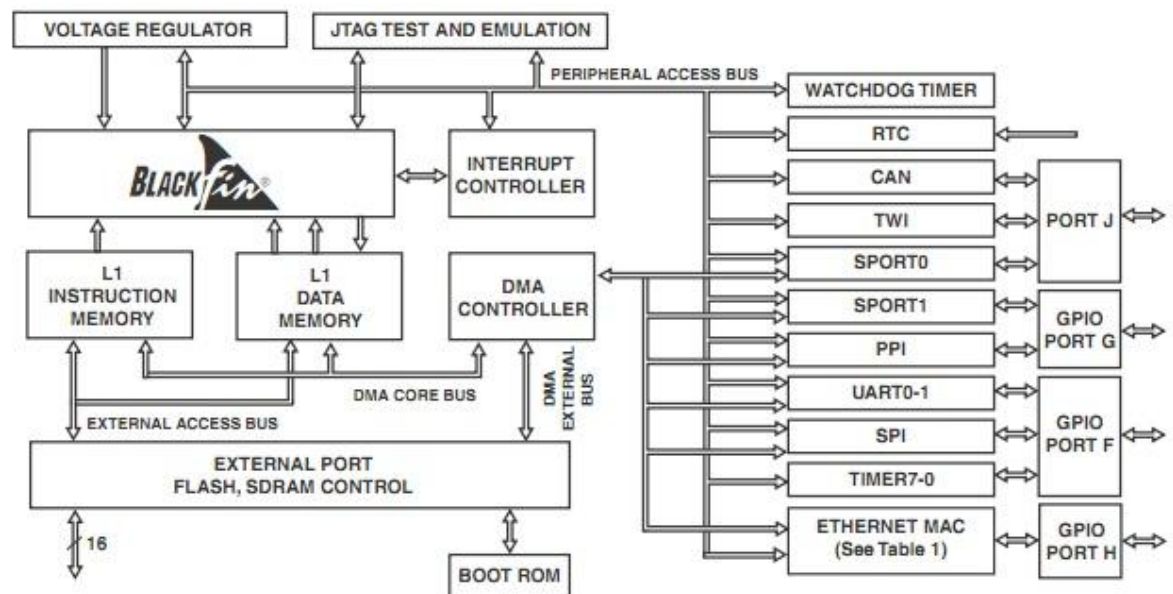
ADSP-BF537 toimii enimmillään 600 MHz kellotaajuudella käyttöjännitteen ollessa 2,5 tai 3,3 voltia. Prosessorin toimintataajuutta ohjaa 25 MHz kideoskillaattori. Prosessori sisältää regulaattoripiirin, jonka avulla voidaan säädellä prosessorin ytimen tarvitsemaa 0,8 - 1,3 voltin jännitettä eri tilanteissa. Prosessorin kellotaajuutta ja ytimen tarvitsemaa jännitettä laskemalla voidaan huomattavasti pienentää prosessorin tehonkulutusta. Prosessorilla on myös viisi erilaista toimintatilaa, joiden avulla tehonkulutusta voidaan optimoida.

ADSP-BF537-prosessorilla on yhteensä 132 kilotavua sisäistä SRAM-muistia sekä ulkoisia muisteja varten muistiohjain SDRAM- ja flash-muistille. DMA-ohjain on

linkkinä prosessorin sisäisenmuistin ja oheislaitteiden välillä. Sen toiminta on automatisoitu, eikä se juurikaan kuormita prosessorin ydintä. DMA:n kanssa yhteensopivia prosessorin oheislaitteita ovat muun muassa PPI, UART, SPI, SPORT ja ETHERNET MAC. Muita prosessorin oheislaitteita ovat RTC, CAN, TWI, TIMER7, ja WATCHDOG TIMER.

Prossessorin keskeytys-ohjaimella on kaksi eri vaihtetta: CEC (the Core Event Controller) ja SIC (the System Interrupt Controller). Ne toimivat yhdessä sekä hallitsevat sekä priorisoivat kaikkia prosessorin tapahtumia (Blackfin Embedded Processor ADSP-BF534/ADSP-BF536/ADSP-BF537 Datasheet Rev I).

Alla on esitetty prosessorin lohkokaavio, josta nähdään prosessorin rakenne.



Kuvio 3: ADSP-BF537-prossessorin lohkokaavio (Blackfin Embedded Processor ADSP-BF534/ADSP-BF536/ADSP-BF537 datasheet Rev I, 1)

ADSP-BF537-prossessori on hyvän suorituskykynsä ja useiden liitännöjensä vuoksi monikäyttöinen. Prosessorin MAC-yksikön vuoksi yksi tärkeä käyttökohde tälle prosessorille on erilaiset internet-sovellukset. MAC-yksikkö tukee sekä 10 Mbps että 100 Mbps nopeuksia.

Muita ADSP-BF537:n sovelluskohteita on muun muassa erilaiset videovalvontaan liittyvät sovellukset, lääketieteellisissä sovelluksissa, instrumentointi sovelluksissa, teollisuuden sovelluksissa, automaatio sovelluksissa ja kodinkone sovelluksissa.

4.2 Analog devices ADSP-BF535 Blackfin-prosessori

Kehitysalustalla on myös Analog Devicen digitaalisen signaalikäsittelyn prosessori ADSP-BF535, joka kuuluu myös Blackfin-tuoteperheeseen. ADSP-BF535 on kyseisen tuoteperheen ensimmäinen prosessori, ja on julkaistu monia vuosia aiemmin kuin esimerkiksi ADSP-BF537. ADSP-BF535-prosessorista on olemassa seitsemän eri mallia. Tässä työssä esiteltävä malli on ADSP-BF535PKB-350, jollainen löytyy ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustalta. Se on malliltaan PBGA ja siinä on 260 nastaa.

ADSP-BF535 toimii 350 MHz kellotaajuudella ja 3,3 voltin käyttöjännitteellä. Prosessorin ydin toimii 1 – 1,6 voltin jännitteellä. Tehonkulutuksen minimoimista varten ADSP-BF535- prosessorilla on neljä eri tilaa. Jokaisella on omanlaisensa suorituskyky ja virrankulutus prosessorin käyttötavan ja kuormituksen mukaan.

Sisäistä muistia kyseisessä prosessorissa on 308 kilotavua, ja se onkin muistiltaan yksi suurimmista Blackfin-prosessoreista. Blackfin-prosessoreissa sisäinen muisti on jaettu kahteen ryhmään L1 ja L2. 52 kilotavua muistista on SRAM:ia ja Cachea, jotka kuuluu ryhmään L1 ja toimii prosessorin maksiminopeudella. Loput 256 kilotavua sisäisestä SRAM-muistista toimii myös prosessorin ytimen koko kaistanleveydellä, mutta niissä on hieman enemmän viivettä kuin L1:n muisteilla.

Ulkoisista muisteista ADSP-BF535 tukee synkronista SDRAM:ia ja asynkronista SRAM:ia, flashia ja ROM:ia. Ne kytketään prosessoriin siinä olevan EBIU-yksikön kautta.

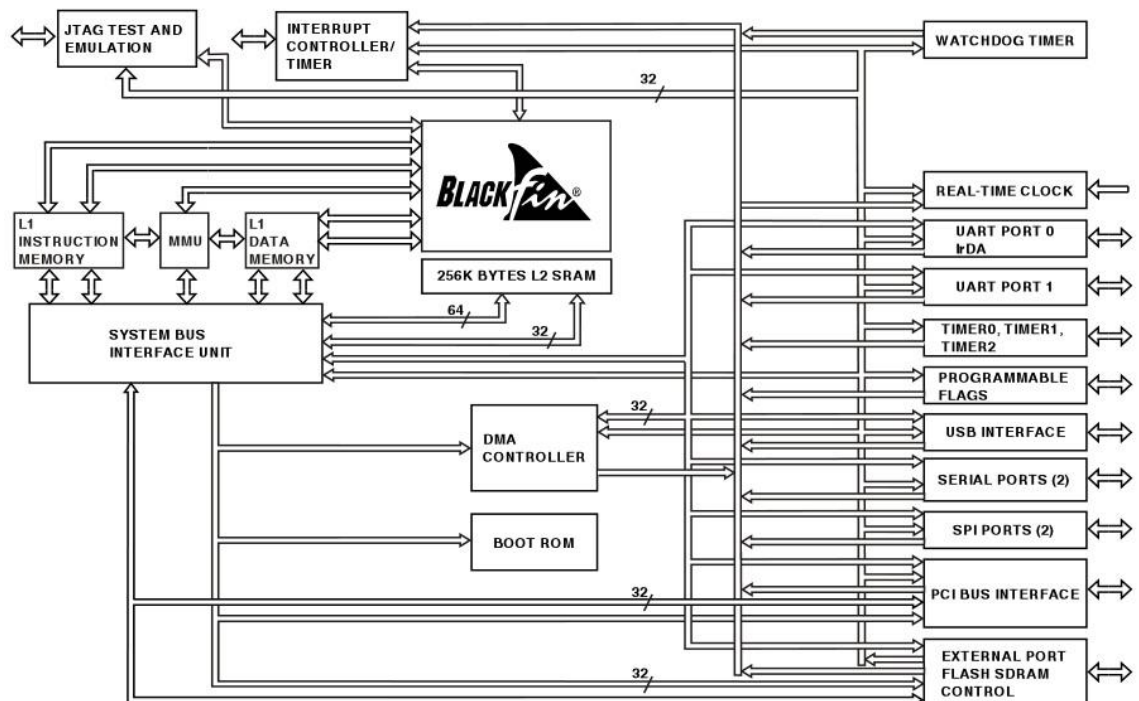
ADSP-BF535 muistuttaa rakenteeltaan jonkin verran jo aiemmin esiteltyä ADSP-BF537:ää. ADSP-BF537:n tavoin ADSP-BF535-prosessori sisältää DMA-ohjaimen, jonka avulla prosessorin tiedonsiirto sisäisen muistin ja DMA-yhteensopivien ulkoisten oheislaitteiden välillä tapahtuu. Myös keskeytykset toimivat samalla tavalla kuin ADSP-BF537-prosessorilla. DMA-tiedonsiirto voidaan hyväksyä myös DMA-yhteensopivien oheislaitteiden ja ulkoiseen muistiin kytkettävien laitteiden välillä. Ulkoiseen muistiin

kytkettäviä laitteita ovat muun muassa SDRAM-ohjain, asynkroninen muistinojain ja PCI-väylä. ADSP-BF535-prosessorin DMA-yhteensopivia oheislaitteita ovat SPORT, UART, SPI ja USB (Blackfin Embedded Processor ADSP-BF535 Datasheet revA).

ADSP-BF535 on yksi niistä Blackfin-perheen harvoista prosessoreista, joissa on USB-liitäntä. Analog Devices käyttääkin sitä useassa kehitysalustassaan Debug Agentissa, joka vastaa tiedonsiirrosta USB:n välityksellä kehitysalustan ja ulkoisen laitteen esimerkiksi PC:n välillä.

ADSP-BF535-prosessorilla on muiden Blackfin-prosessorien tapaan laajat sovellusmahdollisuudet. Yleisimmät käyttökohteet ovat erilaiset verkkolaitteet, teollisuuden säätimet ja automaatio-sovellukset. Kyseinen prosessori on myös käyttökelpoinen erilaisiin multimediasovelluksiin, kuten ääni- kuva- ja videosovelluksiin.

Alla on ADSP-BF535-prosessorin lohkokaavio, josta käy ilmi prosessorin osien yhteydet toisiinsa sekä prosessorin tärkeimmät liitännät.



Kuvio 4: ADSP-BF535-prosessorin lohkokaavio (Blackfin Embedded Processor ADSP-BF535 Datasheet Rev A, 1)

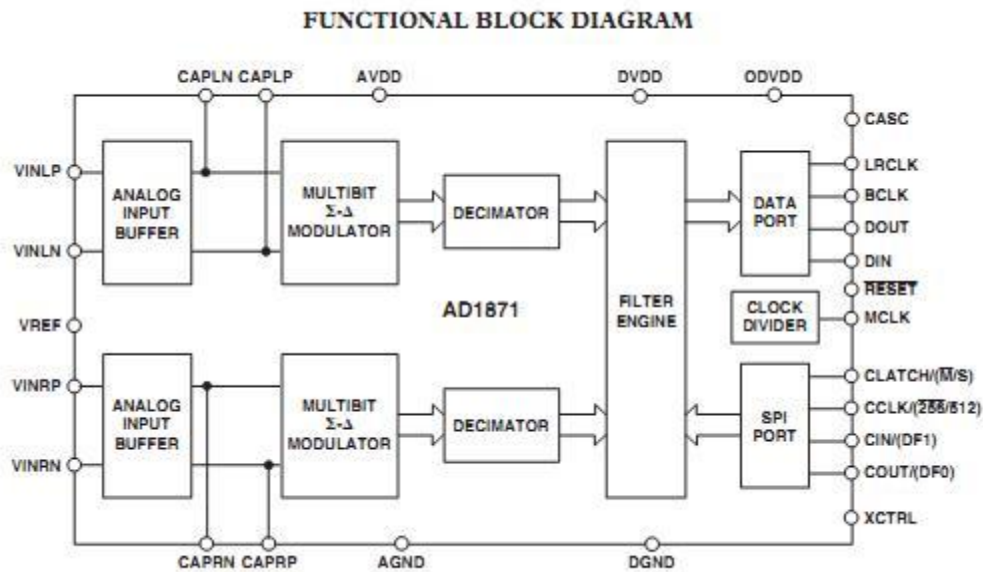
5 AD1871 AD-muunnin

Kehitysalusta sisältää Analog Devicen AD-muuntimen AD1871, joka sijaitsee fyysisesti alustan äänisisääntuloliittimen vieressä. Sisääntuloon voidaan kytkeä äänilähteeksi esimerkiksi tietokone tai MP3-soitin. AD-muunnin muuttaa kehitysalustalle tulevan signaalin analogisesta digitaalseksi.

AD-muunnin toimii viiden voltin jännitelähteellä ja 32 – 96 kHz näytteenottotaajuuksilla. Siinä on kaksi 24-bitin muunnoskanavaa, joihin molempaan kuuluu ohjelmoitava vahvistin (PGA), monibittinen sigma-delta-modulaattori sekä desimaattorisuodin (decimator filter). Kumpikin kanava tuottaa 105 desibelin dynaamisen alueen. Myös signaalikohinasuhde on 105 desibeliä.

Ohjelmoitavan vahvistimen vahvistusalue on 0 – 12 desibeliä kolmen desibelin välein. Sigma-delta-modulaattori on monibittinen, joka takaa optimi-suorituskyvyn äänikaistalla 32 - 96 kHz näytteenottotaajuuksilla. Desimaattorisuodin vastaa alhaisesta päästökaistan aaltoilusta ja oikeanlaisesta estokaistan vaimennuksesta. AD-muunnin sisältää myös SPI-yhteensopivan sarjaportin, jonka avulla voidaan säätää laitteen parametreja ja toimintaa kuten sananpituutta, ohjelmoitavan vahvistimen asetuksia ja liitäntöjen asetuksia (AD1871 Stereo Audio, 24-bit, 96 kHz, Multi-bit Sigma Delta ADC Data Sheet, Rev 0, 2002).

AD1871-muunninta käytetään muun muassa digitaalisissa ääninauhureissa ja miksauslaitteissa. Muita käyttökohteita on kotiteatterit ja musiikki-instrumentit. Alla on AD1871-muuntimen lohkokaavio.



Kuvio 5: AD1871-rakenne (AD1871 Stereo Audio, 24-bit, 96 kHz, Multi-bit Sigma Delta ADC Data Sheet 2002, 1)

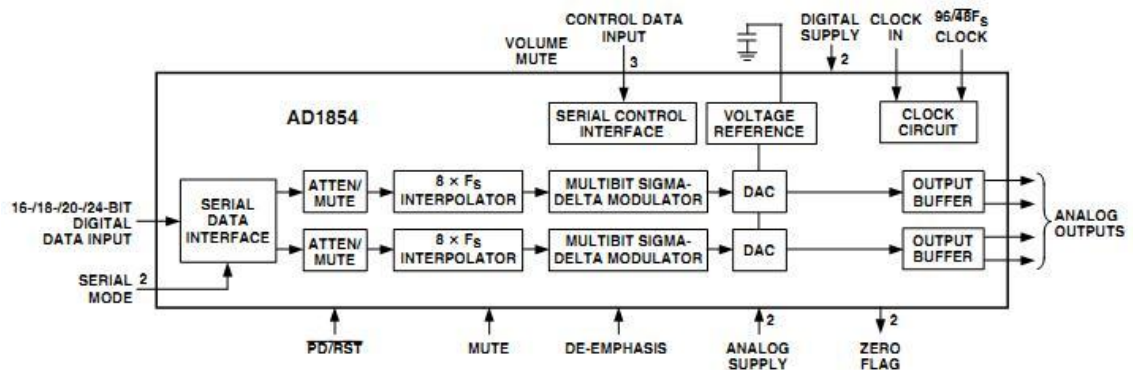
6 AD1854 DA-muunnin

Kehitysalustan Analog Devicen DA-muunnin DA1854 sijaitsee äänen ulostuloliittimen vieressä. Ulostuloliittimeen voi kytkeä esimerkiksi kuulokkeet tai kaiuttimet. AD-muunnin muuntaa saamaansa signaalin takaisin analogiseksi, jollaisena signaali lähtee kehitysalustalta ulos.

DA-muunnin toimii 5 voltin jännitteellä. Tehonkuluksen minimoimiseksi muunnin voi mennä virtaa säästävään tilaan silloin kun laite ei ole toiminnassa. DA-muunnin tukee 96 kHz näytteenottotaajuutta ja 24-bitin sananpituutta. Se tuottaa 48 kHz näytteenottotaajuudella 112 desibelin signaalikohinasuhteen ja 113 desibelin dynaamisen alueen.

DA-muunnin sisältää monibittisen sigma-delta-modulaattorin, tauottomia analogiasuotimia, mikropiiristön analogiselle ulostulolle, stereovaimentimen sekä SPI-yhteensopivan sarjaportin. Sarjaportti voidaan kytkeä erilaisia AD-muuntimia, signaaliprosessoreita, AES/EBU-lähetin-vastaanottimia sekä näytteenottotaajuuden säätimiä (AD1854 Stereo, 96 kHz, Multibit Sigma Delta DAC Data Sheet 2000).

DA-muuntimella on samanlaiset käyttökohteet kun edellisessä luvussa esitellyllä AD-muuntimella.



Kuvio 6: AD1854-rakenne (AD1854 Stereo, 96 kHz, Multibit Sigma Delta DAC Data Sheet 2000, 1)

7 Kehitysalustan käyttökohteet ja sovellukset

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustaa käytetään pääosin opetus- ja testauskäytössä. Sitä voidaan käyttää myös osana suurempia järjestelmiä, jolloin kehitysalusta toimii usein tiedonkerääjänä tai -tallentajana. Alustaa voidaan käyttää niin lääketieteessä kuin teollisuudessaakin. Seuraavaksi esitellään muutama esimerkki, joissa ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustaa on käytetty ja voidaan käyttää.

Kehitysalustaa on käytetty muun muassa kehontärinänmittauksissa, jolloin alustaa käytettiin yhdessä kahden kiihtyvyysanturin kanssa. Tässä tapauksessa hyödynnettiin tiedonsiirrossa kahta väylää: SPI ja TCP / IP. Kehitysalusta kommunikoi antureiden kanssa SPI-väylän kautta ja ja tietokoneeseen se yhdistettiin TCP / IP-liitännän kautta. Kehitysalusta tallensi antureilta saatuja arvoja tietokoneelle tekstitiedostoon ja arvot oli nähtävissä PC:n näytöltä. (Kauppinen 2009, 2.)

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan avulla on luotu myös yksi osa eräästä hybridijärjestelmästä. Järjestelmään kuuluu muun muassa LCD-näyttö sekä navigointi-, turva- ja handsfree-järjestelmä. Järjestelmässä on Bluetooth-yhteys. ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalusta suorittaa järjestelmän monimutkaisten algoritmien laskentaa ja käsittelee matemaattisia mekanisme.

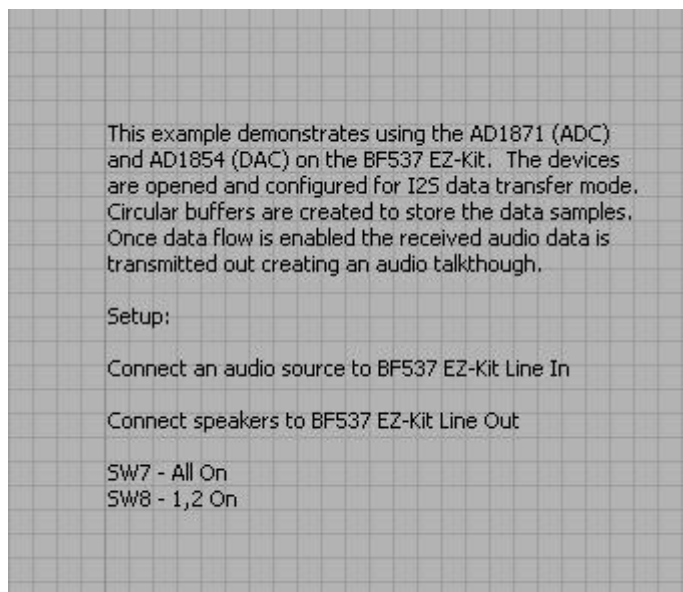
Sevenstax on tehnyt ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan avulla internet-sovelluksen, joka käyttää ADSP-BF537-prosessorin ethernet-ohjainta. Tällä sovelluksella voidaan esimerkiksi käsitellä verkkoprotokollia kuten TCP, UDP ja ICMP. Muita ominaisuuksia ovat muun muassa Telnet-liitettävyyys, TFTP-tiedonsiirto mahdollisuus, automaattinen IP, Multicast DNS-järjestelmät ja HTTP:n todentaminen.

Yksi varteenotettava sovelluskohde kehitysalustalle on erilaiset teollisuudessa käytettävät CAN-laitteet. Kytettäessä kehitysalusta CAN-laitteeseen sitä voidaan käyttää ikään kuin CAN-sovittimena, jolloin CAN-laite saadaan kehitysalustan avulla kommunikoidaan PC:n kanssa. Esimerkiksi testattaessa jonkin ajoneuvon moottorinohjaus- tai jarruysikön toimintaa, voidaan CAN-laitteella mitatut tiedot kätevästi tallentaa tietokoneelle talteen.

Kehitysalustalla voidaan tehdä erilaisia sovelluksia Matlab-kehitysympäristössä kuten esimerkiksi erilaiset ääni- ja suodinsovellukset.

7.1 Valmis sovellus

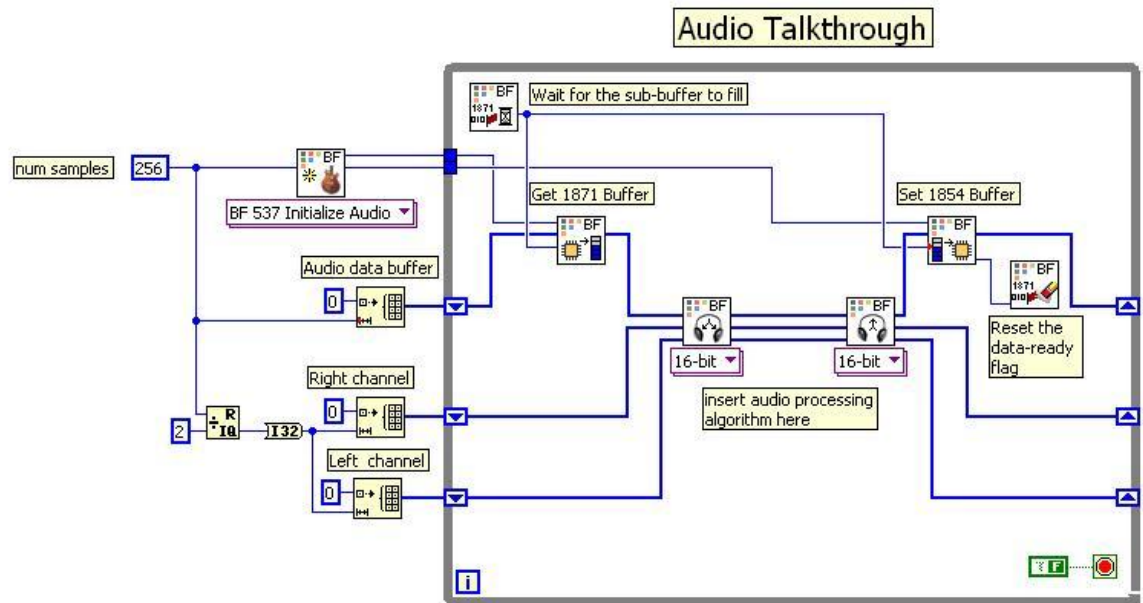
Työssä oli tarkoitus muokata ääntä ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan avulla LabVIEW-kehitysympäristössä. Pohjana oli Analog Devicen valmis äänisovellus, jonka avulla voidaan soittaa musiikkia jostakin äänilähteestä kuten tietokone tai MP3-soitin. Ääni oli kuultavissa alustaan kytkettävien kuulokkeiden tai kaiuttimien kautta. Esimerkkiohjelman etupaneelissa on pyritty selvittämään sovelluksen toimintaa. Etupaneelista huomataan myös kytkimien asetukset, joiden pitää olla esitetyn mukaiset, jotta ohjelma voisi toimia. Etupaneeli ei sisällä mitään varsinaista käyttöliittymää. Etupaneeli on kuviossa 7.



Kuvio 7: Analog Deviceen äänisovelluksen etupaneeli (ADSP-BF537 EZ-KIT LITE LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors DVD)

Vasemmalla reunalla oleva vakio määrittää näytteiden määrän. Ohjelman ollessa päällä, näytteet lähtevät kahteen eri suuntaan: BF 537 Initialize Audio-lohkoon sekä kolmeen eri taulukkoon. Taulukoista yksi on kooltaan yhtä monta tavua kuin näytteiden määrä, ja kaksi taulukkoa on näytteiden määrä jaettuna kahdella. Nämä kaksi taulukkoa varastoivat vasemman ja oikean kanavan näytteet. BF 537 Initialize Audio-lohko alustaa äänisovelluksissa tarvittavat kehitysalustan AD1854- ja AD1871-piirit. BF 537 Initialize Audio-lohko saa sisääntulona näytteiden määrän, ja se lähettää ja vastaanottaa tietoa Get 1871 Buffer ja Set-1854 Buffer-lohkojen kanssa.

Ohjema on rakennettu while-silmukan sisään, ja käytännössä se lopettaa toimintansa vasta kun käyttäjä lopettaa sen. While-silmukan sisällä on lohko (Wait for the sub-buffer to fill), joka ottaa näytteitä vastaan ja palauttaa ne takaisin kunnes on saanut kaikki 512 näytettä. While-loopin sisällä on myös kaksi äänenmuokkaamisen kannalta kaksi tärkeää lohkoa (Bf separate audio channels ja Bf combine audio channels), joihin signaali etenee Wait for the sub-buffer to fill-lohkon jälkeen. Bf separate audio channels- ja Bf combine audio channels-lohkot erottelevat ja yhdistävät vasemman- ja oikean kanavan tietoa. Tässä esimerkissä ne on yhdistetty toisiinsa, mutta tehtäessä muutoksia tähän sovellukseen lisättävät toiminnallisuudet lisätään näiden lohkojen väliin. Sovelluksen lohkoakaavio on esitetty kuviossa 8.

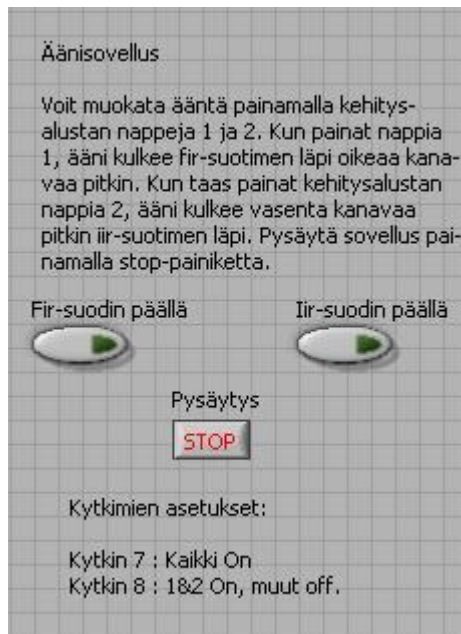


Kuvio 8: Analog Devicen äänisovelluksen lohkokaavio (ADSP-BF537 EZ-KIT LITE LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors DVD)

7.2 Oma sovellus

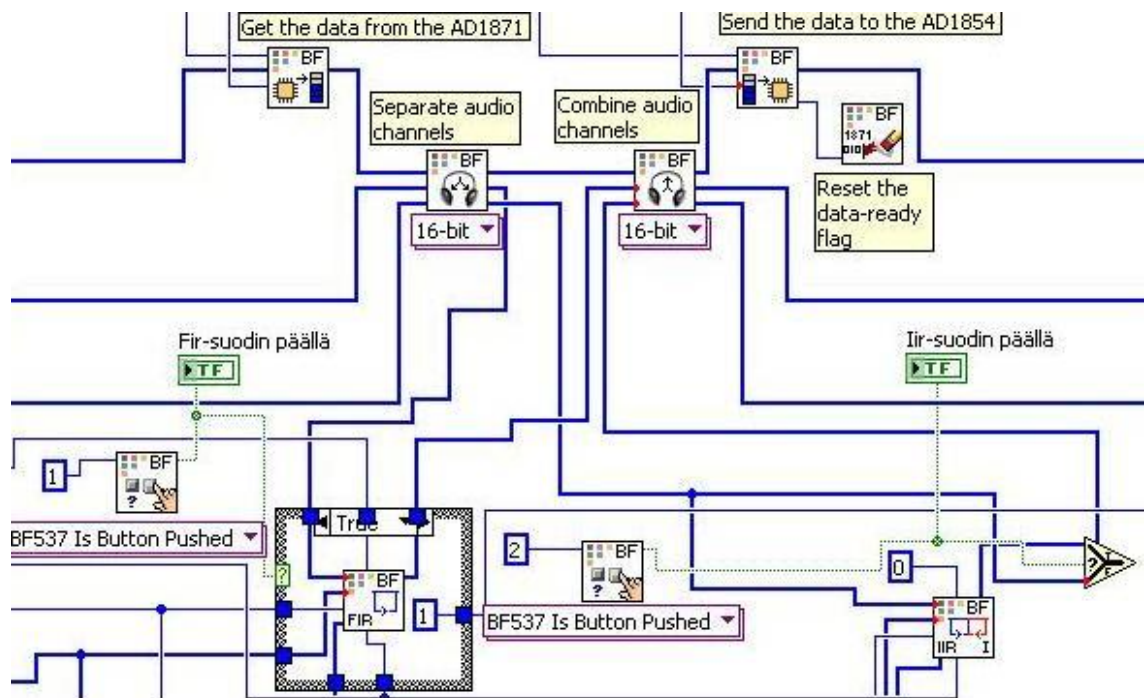
Omassa sovelluksessa oli tarkoitus muokata edellisessä luvussa esiteltyä Analog Devicen tekemää äänisovellusta. Laajamittainen muokkaus osoittautui mahdottomaksi, mutta pitemmällä aikavälillä ja paremmilla työkaluilla sekin olisi ollut mahdollista.

Etupaneelissa kerrotaan sovelluksen toiminta. Siinä on myös indikaattorit, joista näkee ovatko suotimet käytössä vai ei. Ohjelman suorituksen voi lopettaa painamalla stop-painiketta.



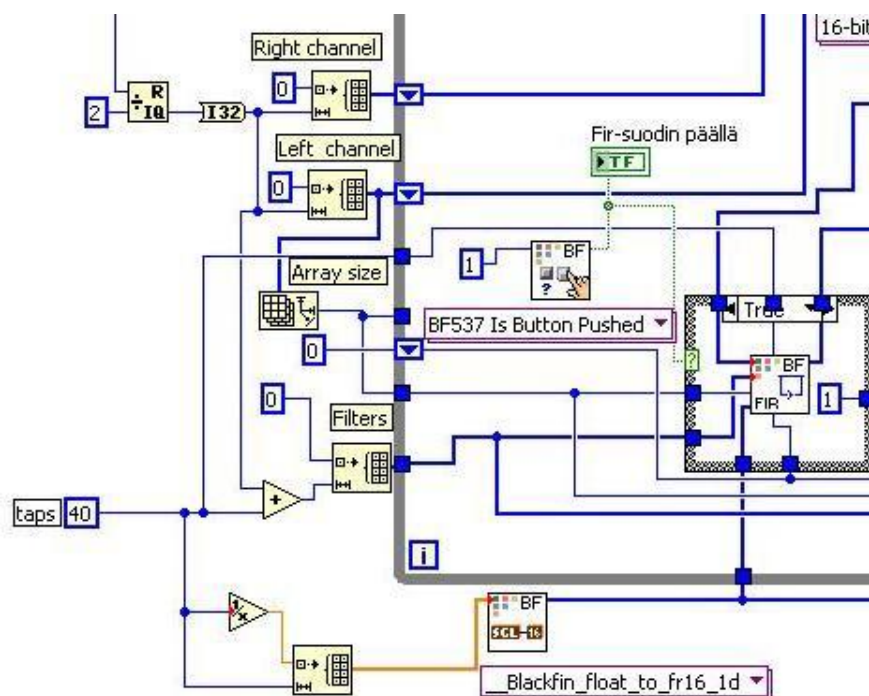
Kuvio 9: Sovelluksen etupaneeli

Sovelluksen lohkokaaavion muokkaaminen aloitettiin katkaisemalla kaksi lankaa Separate channels- ja Combine channels -lohkojen väliltä. Oikea kanava kulkee switch-silmukan läpi, jonka sisällä on fir-suodin. Silmukalla on kaksi tilaa: true ja false. Silmukkaan on kytketty kehitysalustan painonappi numero yksi. Kun nappi painetaan pohjaan, signaali kulkee silmukassa olevan suotimen läpi, ja kuuluu vain vasemmasta kuulokkeesta. Kun nappi ei ole painettu pohjaan, signaali kulkee tyhjän silmukan läpi, ja äänessä ei tapahdu mitään muutosta. Vasemmassa kanavassa signaali kulkee valitsimen kautta, jolla on korvattu äskeisen kanavan switch-silmukka. Fir-suotimen tilalle on sen sijaan vaihdettu iir-suodin. Valitsimessa on kaksi sisääntuloa signaalille ja yksi boolean-sisääntulo, jonka mukaan valitsin päättää kumpi signaali siitä menee läpi. Boolean-sisääntuloon on kytketty kehitysalustan painonappi numero kaksi. Valitsin saa toisen signaalinsa iir-suotimesta, jonka kautta signaali kulkee mikäli nappi on painettu pohjaan. Suodin suodattaa pois oikean kuulokkeen äänen. Edellä mainitut asiat nähdään kuvioista 10.



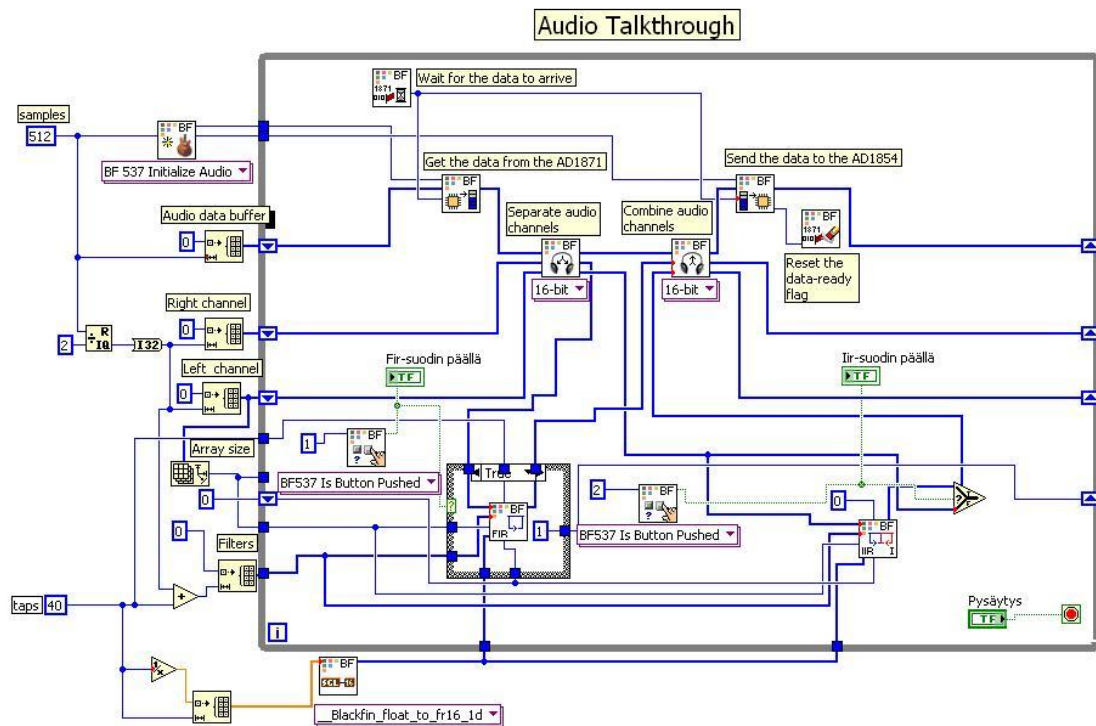
Kuvio 10: While-silmukan sisäpuolelle tehdyt toiminnallisuudet

Ohjelman while-silmukan ulkopuolelle on lisätty taulukko, joka varastoi suotimien dataa. Silmukan ulkopuolella on myös toinen taulukko, jonka kautta kulkee signaalien kertoimet. Taulukkoa ennen on lohko, joka laskee signaalin käänteisluvun ja lähettää sen taulukkoon. Taulukon jälkeen signaali muutetaan liukuluvusta kokonaisluvuksi. Kuviosta 11 ilmenee silmukan ulkopuoli.



Kuvio 11: Silmukan ulkopuoli

Kuviossa 12 on on sovelluksen lohkokaavio kokonaisuudessaan.



Kuvio 12: Sovelluksen lohkokaavio

8 Yhteenveto

Tavoitteena oli tutustua ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustaan ja sen ominaisuuksiin sekä luoda LabVIEW:n avulla äänenmuokkaus sovellus, mutta osittain tekijästä riippumattomista syistä johtuen sen toteutus jäi vajaaksi. Joka tapauksessa prosessi opetti hyvin graafista ohjelmointia sekä avasi, millaisia sovelluksia LabVIEW:n avulla kehitysalustalla voidaan luoda.

Työprosessi oli pitkä ja monivaiheinen, mutta opettava. Työssä sai tutustua usean eri laitteen ja komponentin toimintaan sekä kahteen kehitysympäristöön ja niiden ominaisuuksiin. Kehitysalustan käyttökohteet osoittautuivat laajoiksi, mikä hieman yllätti. Tiedon löytäminen oli toisinaan hankalaa, koska käytännössä ainoat tiedonlähteet olivat foorumit sekä laitteiden tai komponenttien manuaalit.

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalustan yleisin käyttötapa on opetuskäytössä. Monipuolisuudesta huolimatta se on hintansa puolesta hieman liian kallis aloittelijalle, ja osittain sen vuoksi alustan käyttökin yksityisillä ihmisillä on vähäistä.

LabVIEW 2009:n ja kehitysalustan yhteensopivuudessa on parantamisen varaa eikä alustan käytön vähyys LabVIEW-ohjelmoinnissa yllätä. C-ohjelmointia varten on varmasti saatavilla huomattavasti edullisempia kehitysalustoja kuin ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehitysalusta on. Myöskään LabVIEW Embedded Module for Adi Blackfin Processors-kehitysympäristön kehittämisen lakkauttaminen ei lisää yksityisen ihmisen mielenkiintoa ostaa kyseistä alustaa. Käyttäjän tehtäväksi jää arvioida kehitysalustan mahdollisuudet suhteessa varjopuoliin.

Lähteet

- ADSP-BF537 EZ-KIT Lite Evaluation System Manual [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/ADSP_BF537_EZ-KIT_Lite_Manual_Rev_2_4.pdf
- Blackfin Embedded Processor ADSP-BF534/ADSP-BF536/ADSP-BF537 Datasheet Rev I [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADSP-BF534_BF536_BF537.pdf
- Blackfin Embedded Processor ADSP-BF535 Datasheet rev A [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADSP-BF535.pdf
- Blackfin USB-LAN EZ-Extender Manual Revision 2.1, March 2008[pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/Blackfin%20USB-LAN%20EZ-Extender%20Manual%20Rev%202-1,%20March%202008.pdf
- Blackfin A-V EZ-Extender Manual Revision 2.0, April 2006 [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/4214339496100Blackfin_A_V_EZ_Extender_Manual_Rev_2.0.pdf
- Blackfin FPGA EZ-Extender Manual Revision 2.0, April 2006 [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/42786109693721Blackfin_FPGA_EZ_Extender_Manual_Rev_2.0.pdf
- Blackfin Audio EZ-Extender Manual Revision 2.1, May 2007[pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/419989550Blackfin_Audio_EZ_Extender_Manual_Rev_2.1.pdf
- Blackfin Landscape LCD EZ-Extender Manual Revision 1.0, August 2008[pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/Blackfin_Landscape_LCD_EZ_Extender_Manual_Rev.1.0_Aug08.pdf
- Blackfin Bluetooth EZ-Extender Manual Revision 1.0, October 2009[pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/eval_kit_manuals/Bluetooth_ez-ext_man_rev_1.0_October_2009.pdf
- AD1854: Stereo, 96 kHz, Multibit Sigma Delta DAC Data Sheet (Rev A, 04/2000) [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD1854.pdf
- AD1871: Stereo Audio, 24-bit, 96 kHz, Multi-bit Sigma Delta ADC Data Sheet (Rev 0, 09/2002) [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD1871.pdf
- VisualDSP++ 5.0 Users guide August 2007 Rev 3.0 [pdf] [viitattu 28.4.2011].
http://www.analog.com/static/imported-files/software_manuals/719705850_ug.pdf
- Getting Started with the NI LabVIEW Embedded Module for ADI Blackfin Processors Version 2009[pdf] [viitattu 28.4.2011].
<http://www.ni.com/pdf/manuals/371656e.pdf>

Kauppinen, Pekka 2009. Blackfin-prosessoreiden käyttö kehonmittauksessa. Opinnäytetyö, Kajaanin ammattikorkeakoulu [pdf] [viitattu 28.4.2011].

<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13060/TTI5SPekkaK.pdf?sequence=1>

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE LabVIEW 2009 Embedded Module for ADI Blackfin Processors [DVD] [viitattu 6.5.2011]

Liite

ADSP-BF537 EZ-KIT LITE kehityalustan asennusopas

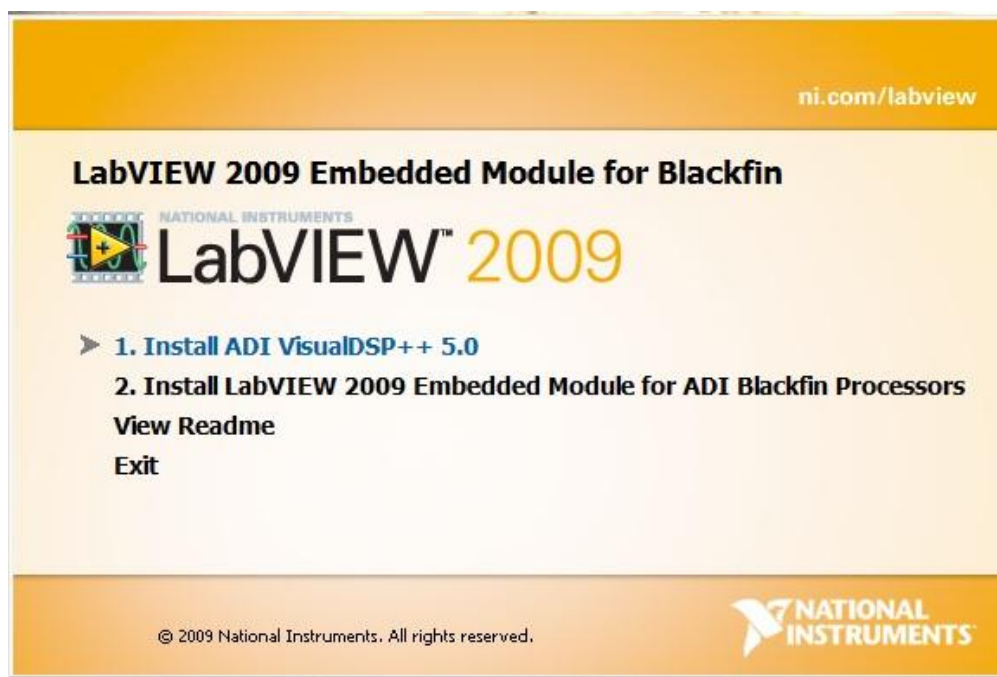
Järjestelmävaatimukset:

- Windows Vista (32) / XP / 2000
- Analog Devices VisualDSP++ 5.0 päivityksellä 6.
- Labview 2009 kokoversio tai Professional Development System

Ohjelmistojen asentaminen

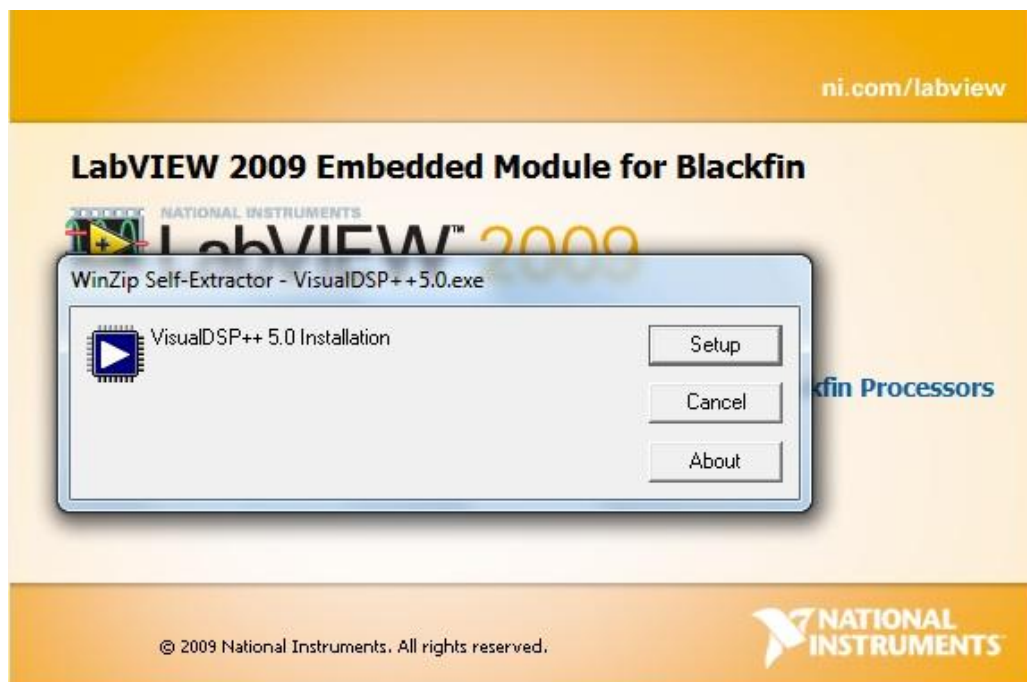
Laitteen käyttämiseen tarvitaan kaksi ohjelmistoa: VisualDSP++ ja Labview 2009. Ensimmäiseksi näistä pitää asentaa VisualDSP++. Toimi seuraavien ohjeiden mukaan:

1. Kirjaudu tietokoneelle järjestelmävalvojana tai tunnuksilla, joissa on järjestelmävalvojan oikeudet.
2. Laita paketin mukana tullut NI Labview Embedded Module for ADI Blackfin Processors DVD-asemaan ja valitse levyltä asennettavaksi ohjelmaksi VisualDSP++.



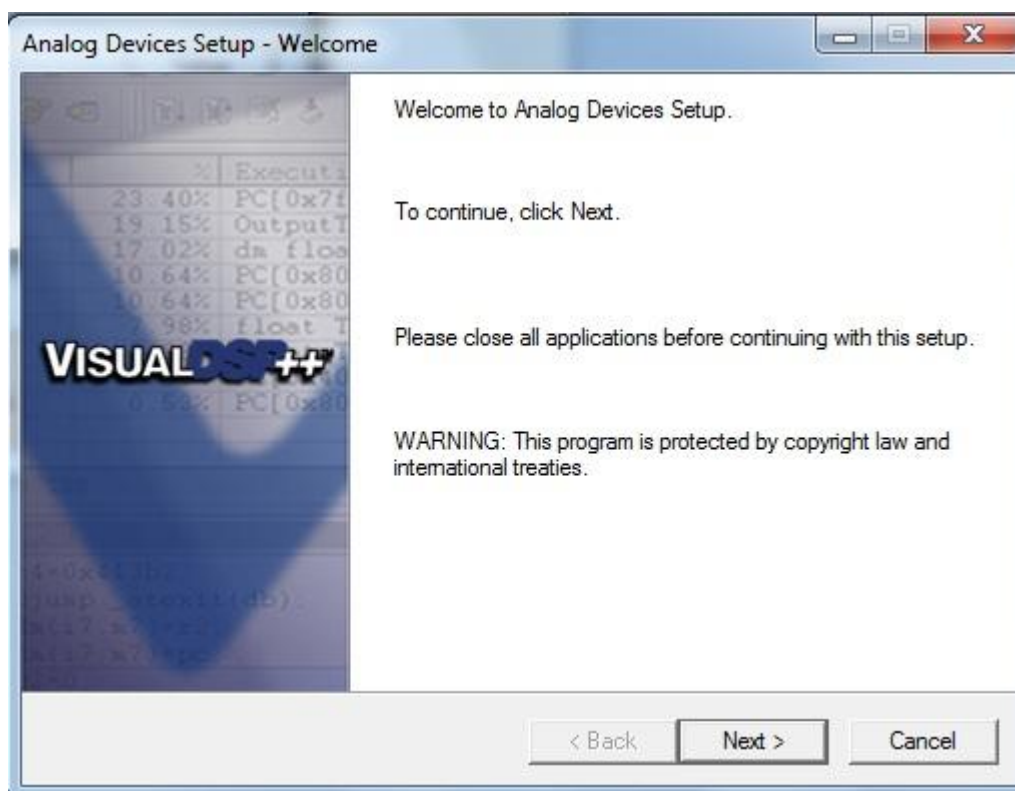
Kuvio 13

3. Paina aukeavasta ikkunasta setup-painiketta päästäksesi eteenpäin.



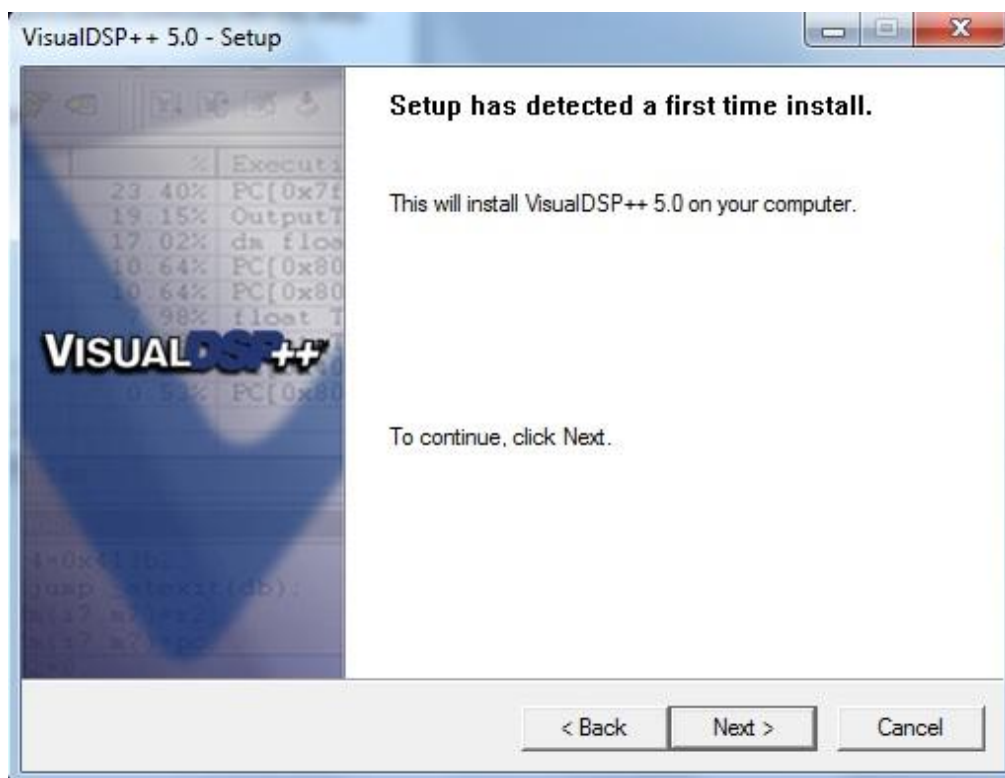
Kuvio 14

4. Seuraavaksi aukeaa tervetuloa-ikkuna, paina seuraava-painiketta.



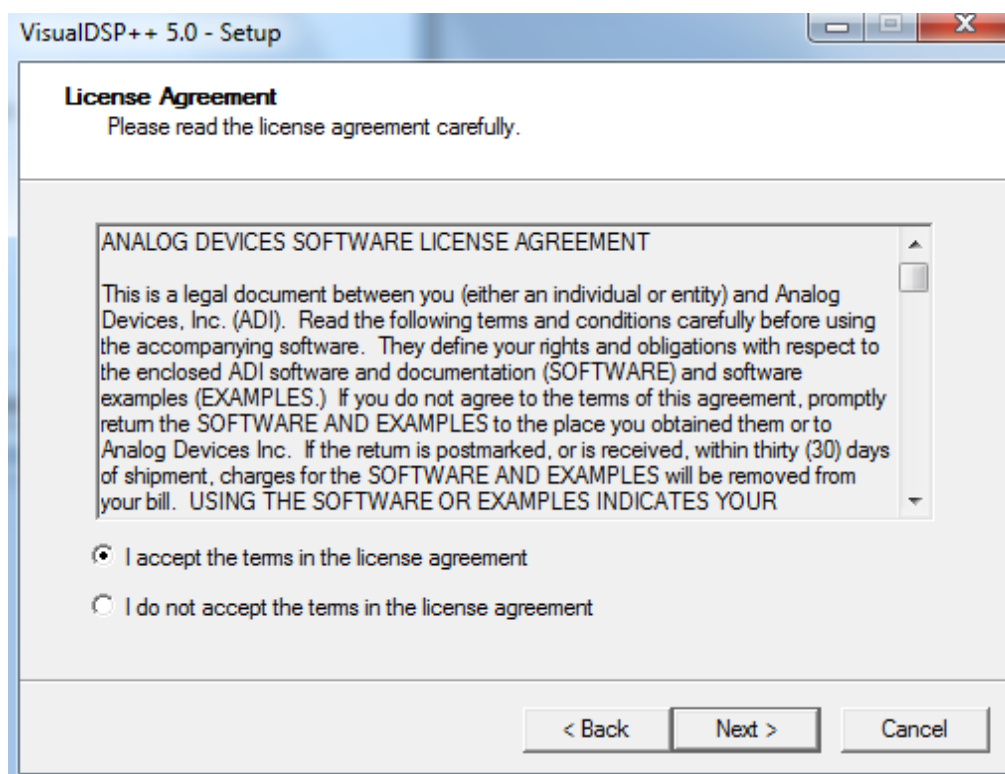
Kuvio 15

5. Paina edelleen seuraava-painiketta.



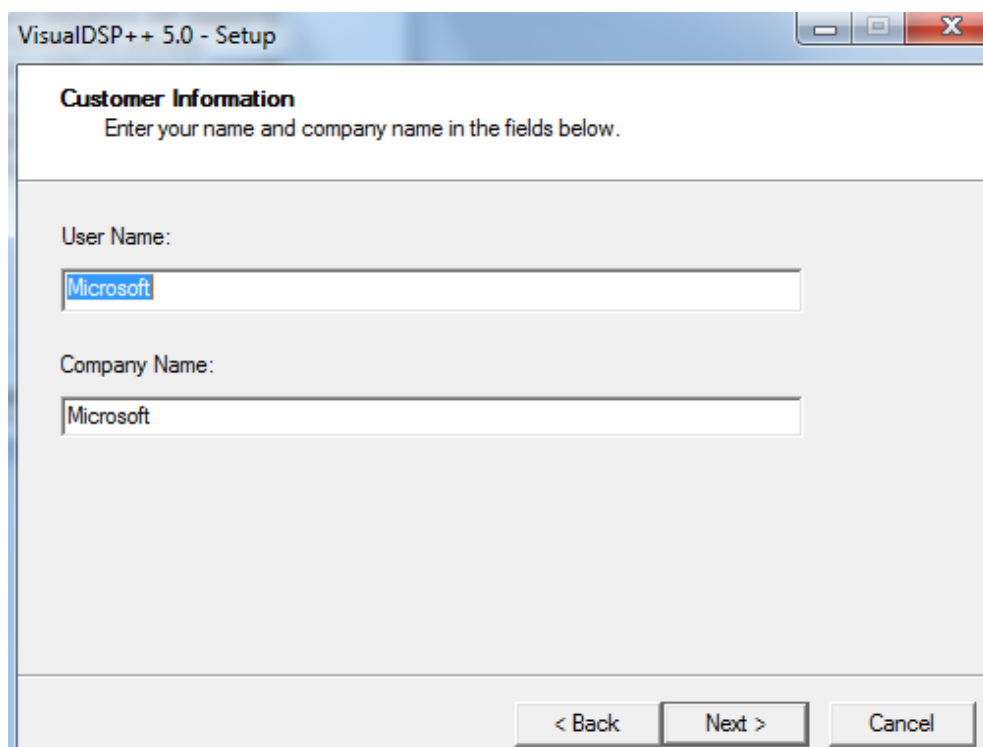
Kuvio 16

6. Hyväksy lisenssiehdot ja mene seuraavaan kohtaan.



Kuvio 17

7. Anna käyttäjänimi ja jatka eteenpäin.



VisualDSP++ 5.0 - Setup

Customer Information
Enter your name and company name in the fields below.

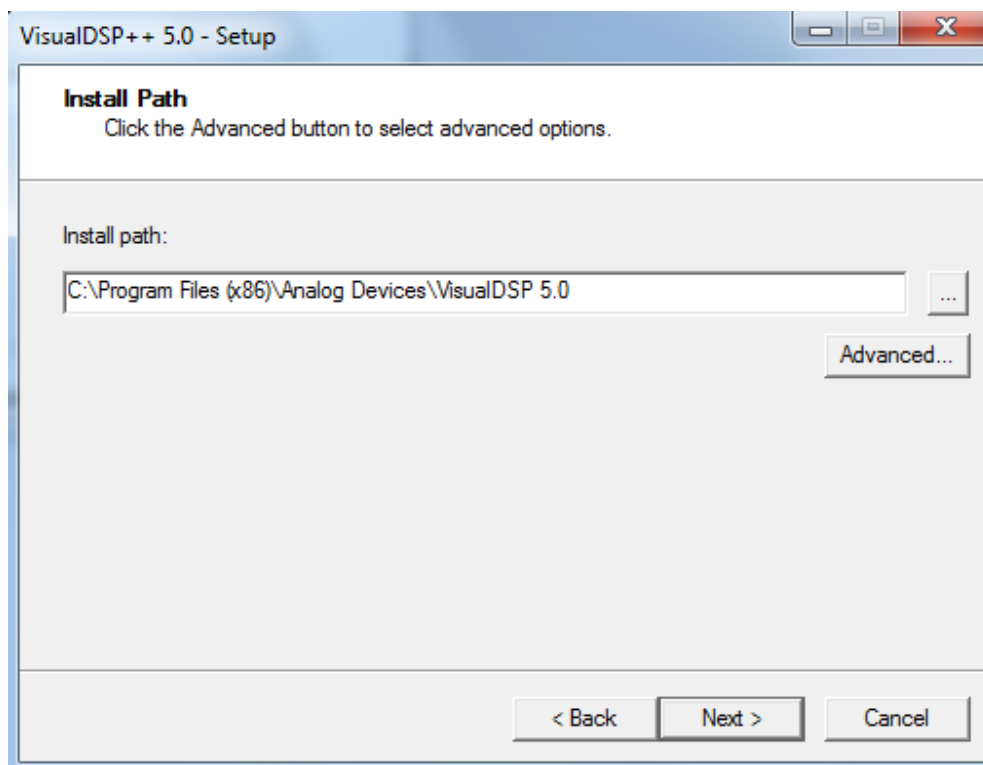
User Name:

Company Name:

< Back Next > Cancel

Kuvio 18

8. Valitse asennuskansio ja jatka eteenpäin.



VisualDSP++ 5.0 - Setup

Install Path
Click the Advanced button to select advanced options.

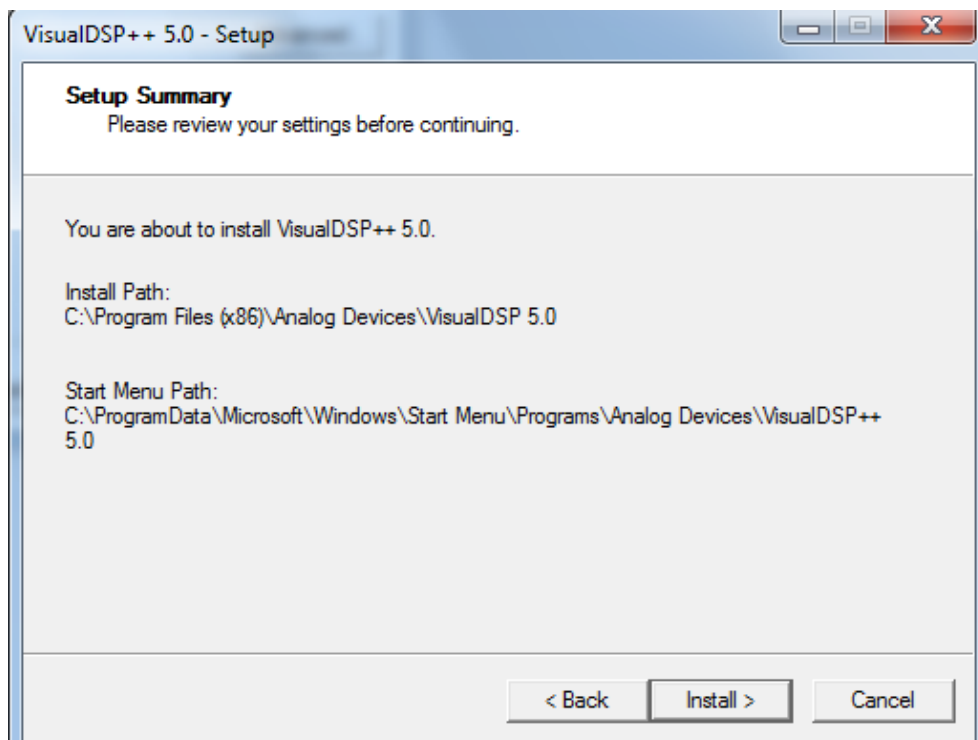
Install path:
 ...

Advanced...

< Back Next > Cancel

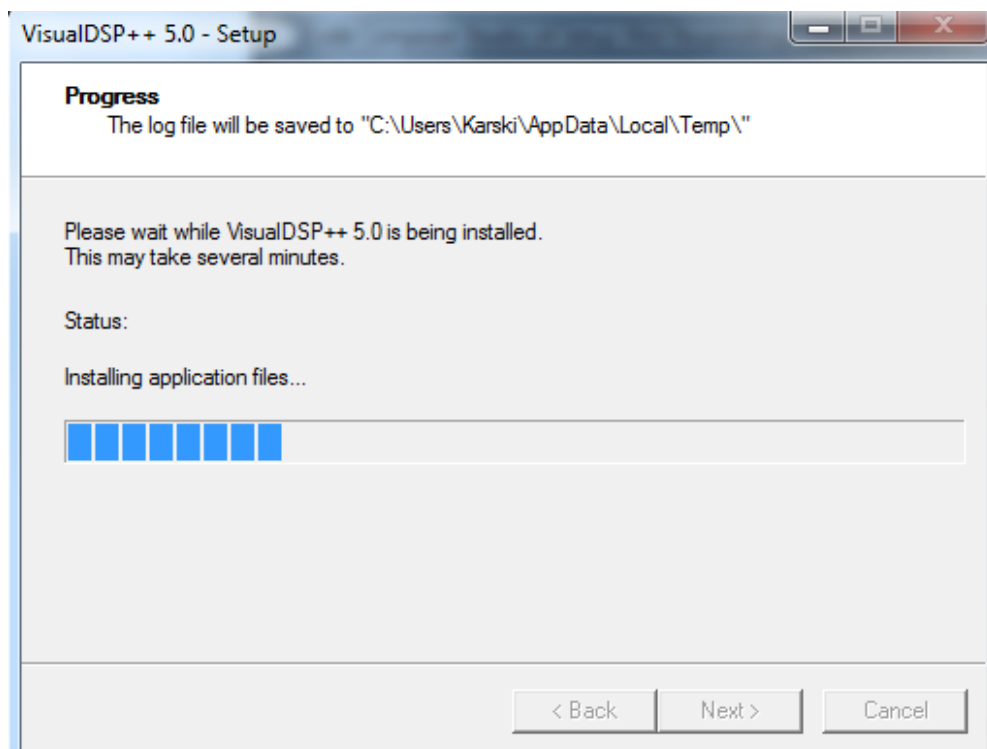
Kuvio 19

9. Näyttöön tulee asennuksen tiedot, jatka eteenpäin.



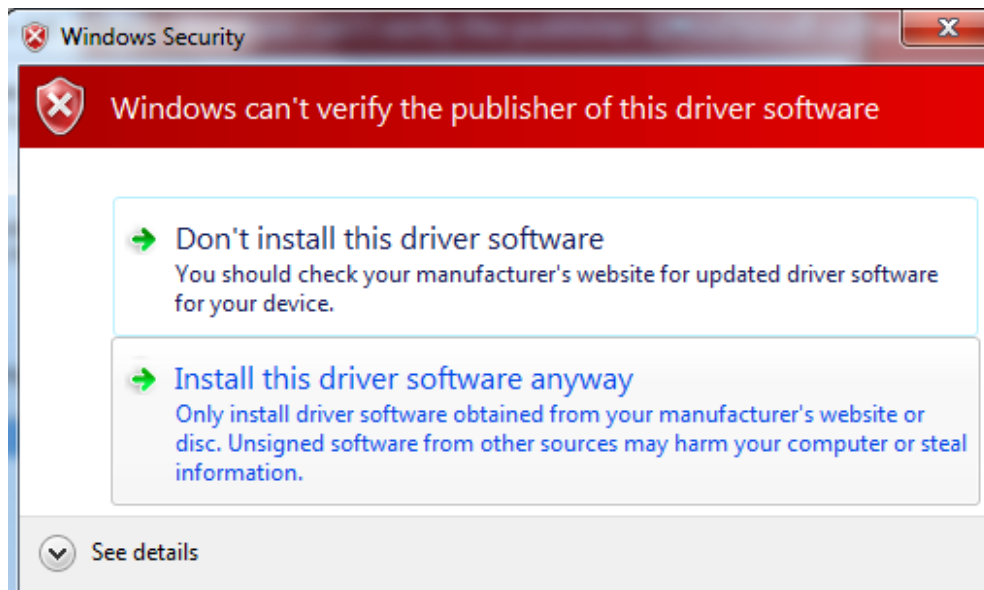
Kuvio 20

10. Asennus käynnissä. Aikaa menee muutama minuutti.



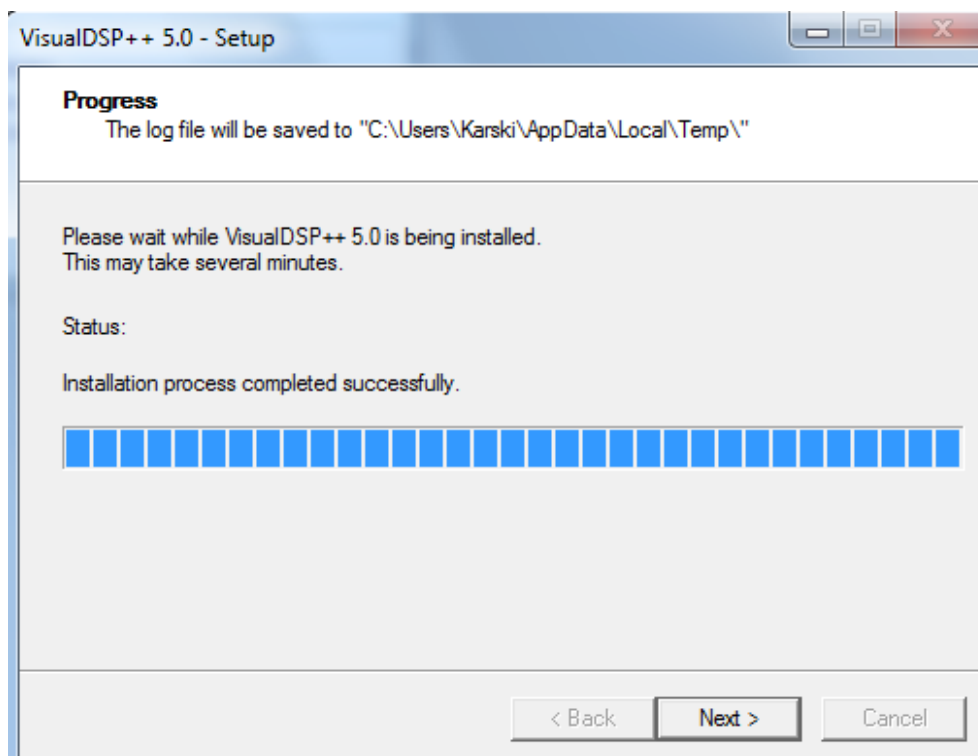
Kuvio 21

11. Käyttäjätilien valvonta aiheuttaa ylimääräisiä Windowsin varoituksia (Windows 7). Mikäli kyseinen ilmoitus tulee, valitse ajurien asennus.



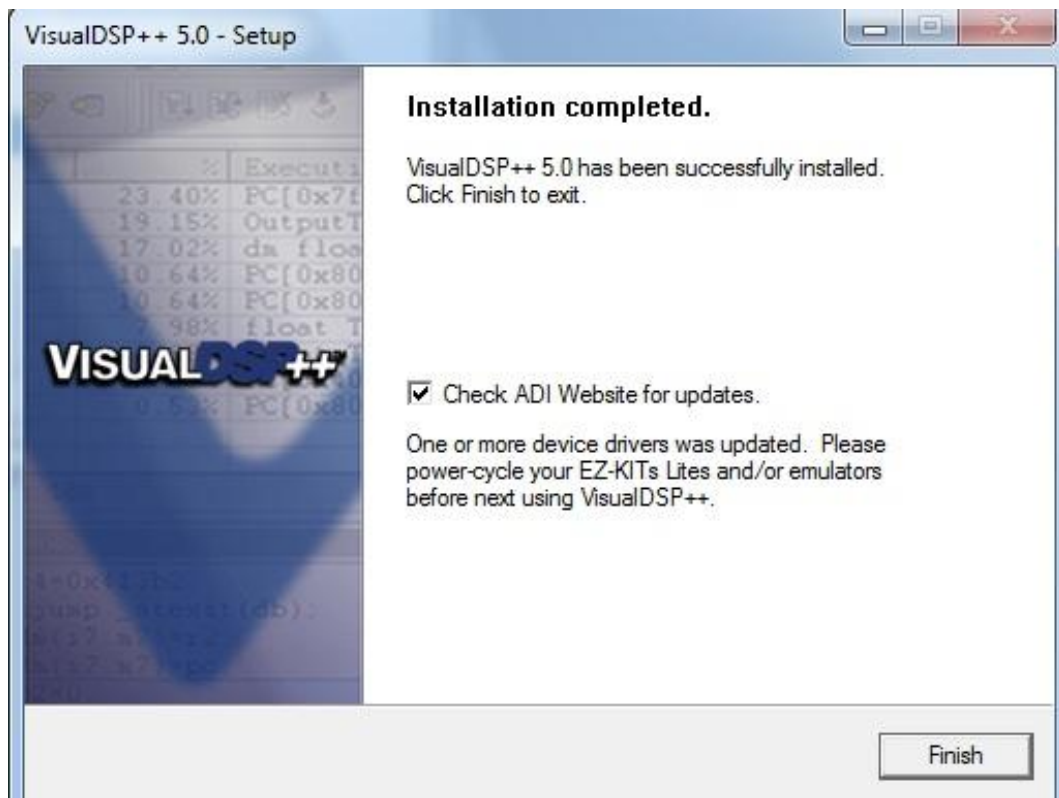
Kuvio 22

12. Kun asennus on valmis, jatka eteenpäin.



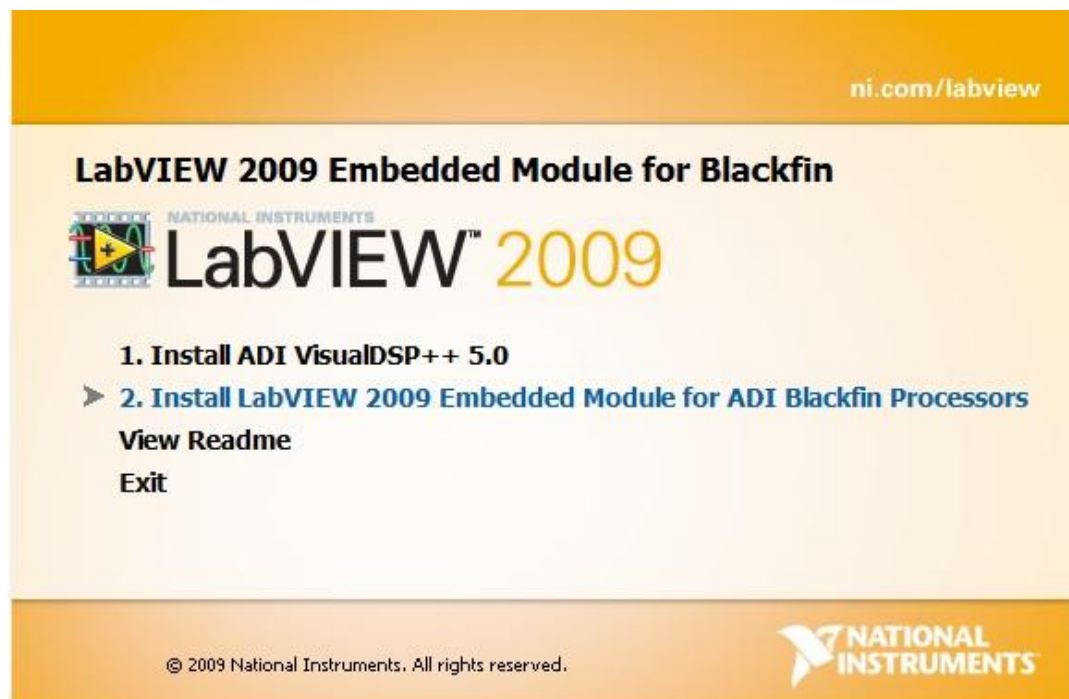
Kuvio 23

13. Poista ruksi ruudusta ja paina Finish-painiketta.



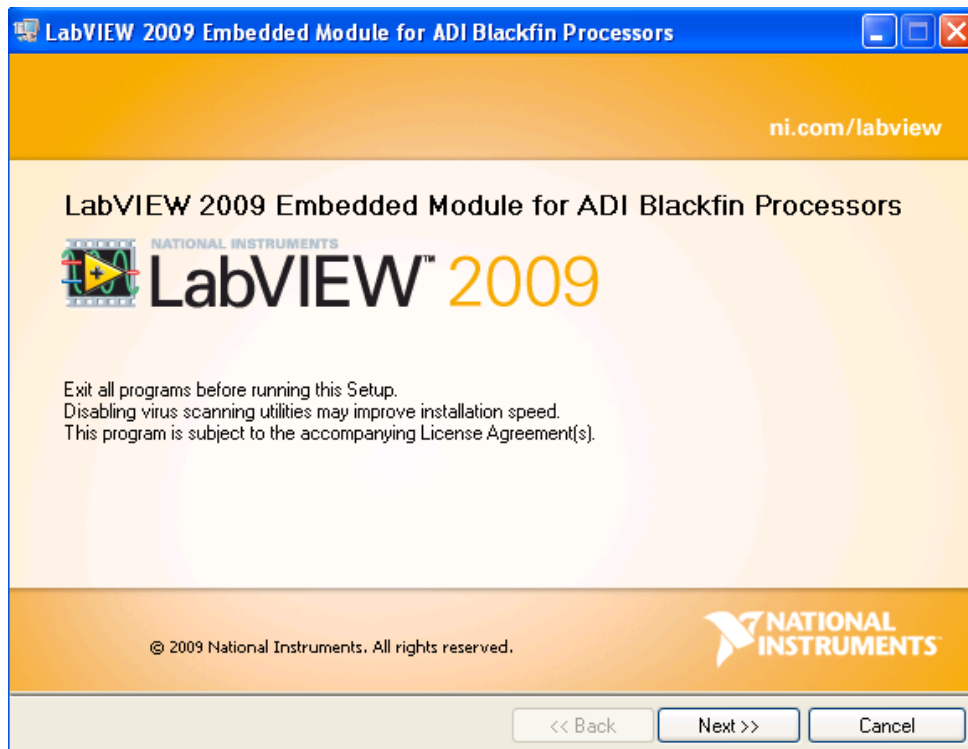
Kuvio 24

14. Asenna seuraavaksi Embedded Module for Blackfin Processors. Asennus asentaa edellisen lisäksi sekä Labview 2009:n että tarvittavat päivitykset VisualDSP++:aan.



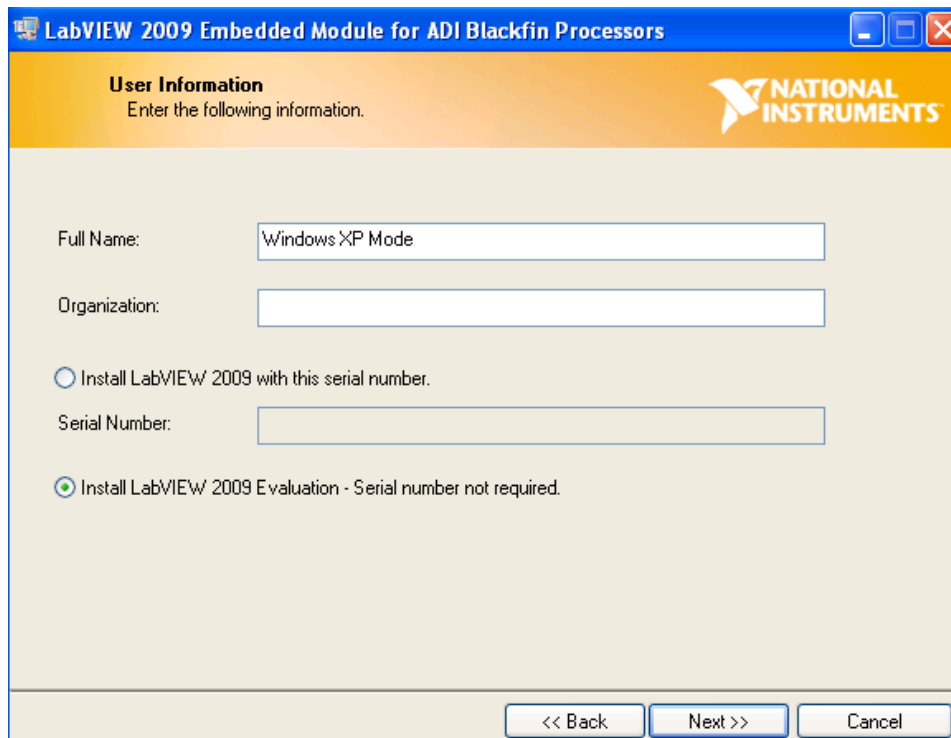
Kuvio 25

15. Kun ensimmäinen Labview:n asennusikkuna aukeaa, jatka eteenpäin.



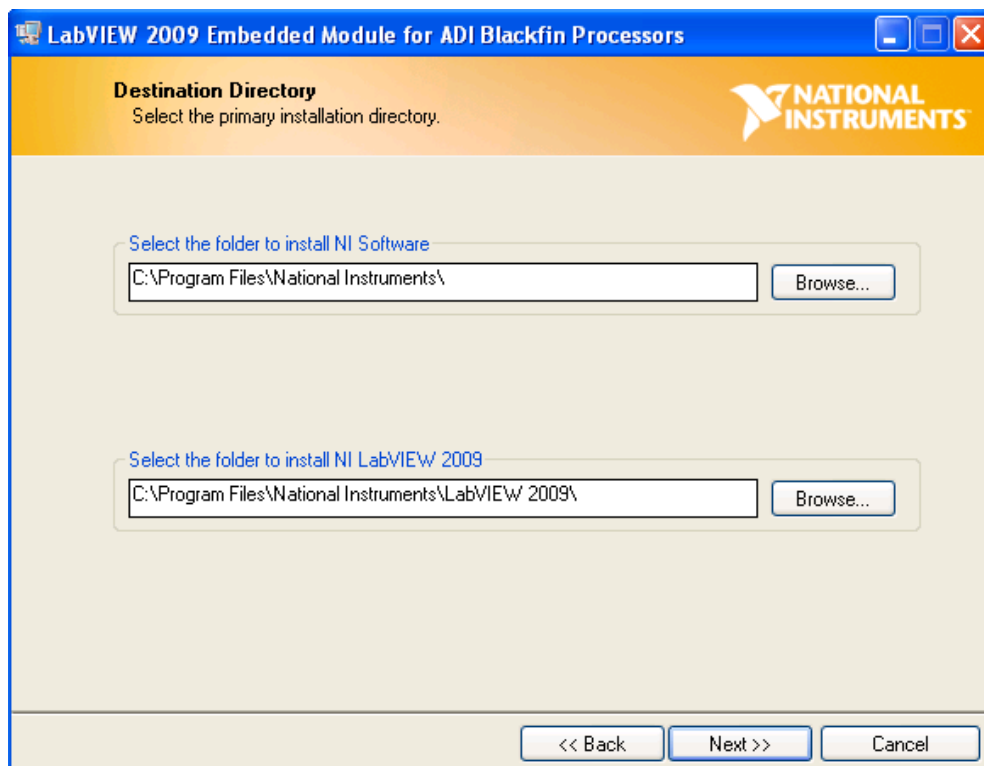
Kuvio 26

16. Laita käyttäjänimi. Laita ruksi alempaan ruutuun, jolloin ei tarvita mitään koodia. Paina seuraava-painiketta.



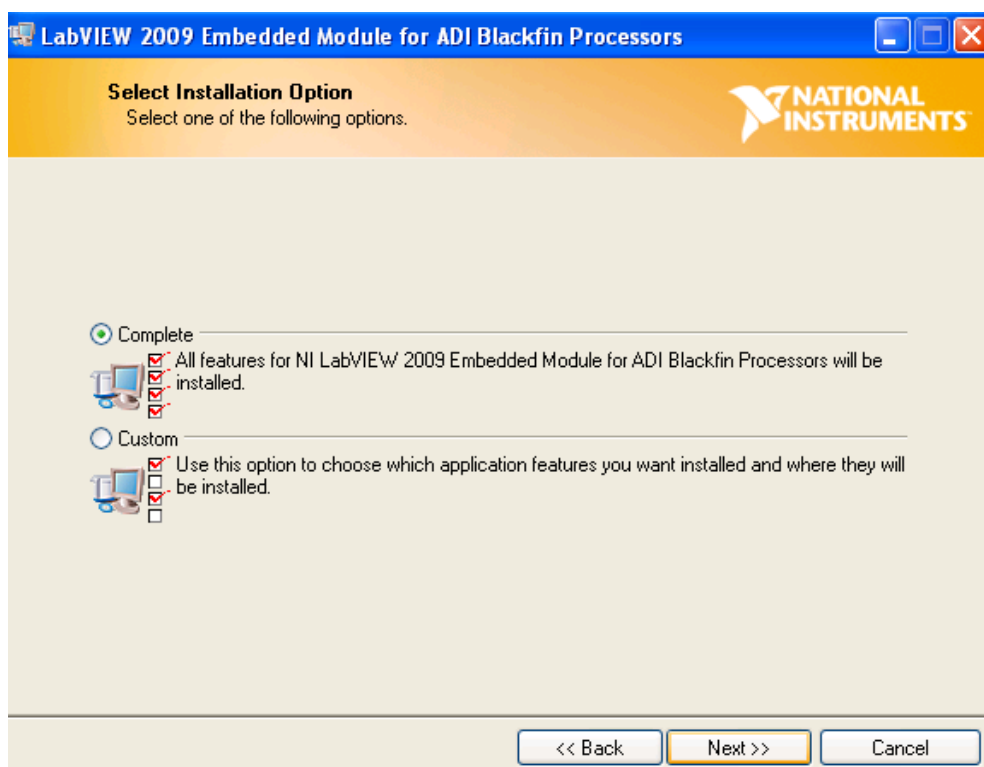
Kuvio 27

17. Valitse asennuskansio ja jatka eteenpäin.



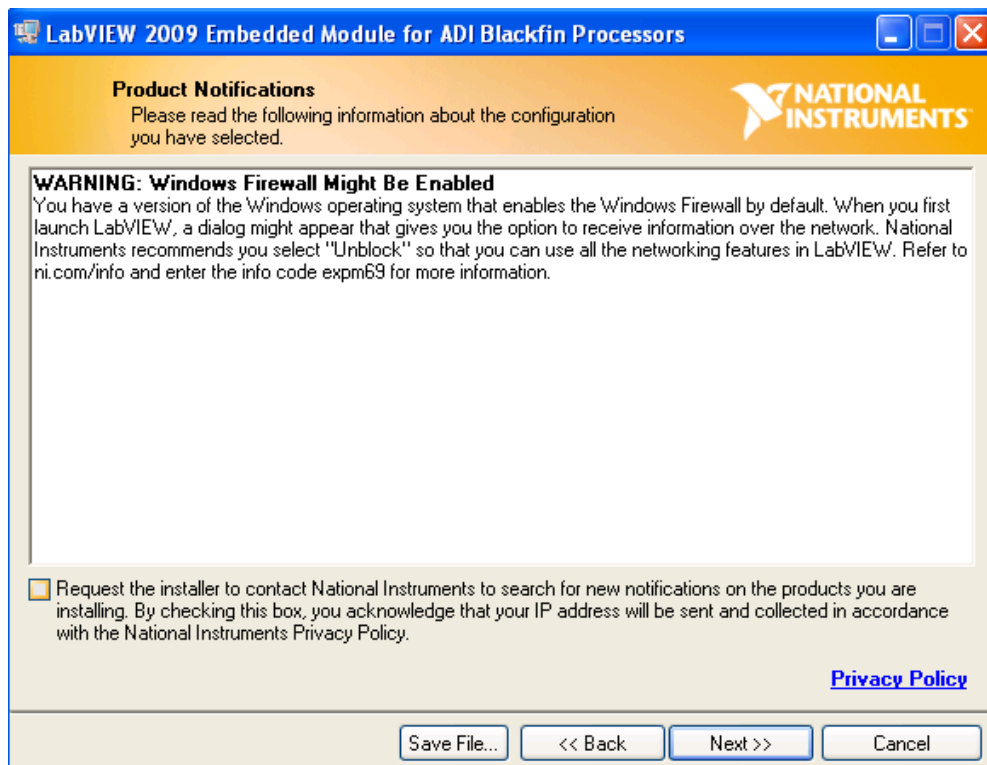
Kuvio 28

18. Valitse asennustavaksi kokonainen.



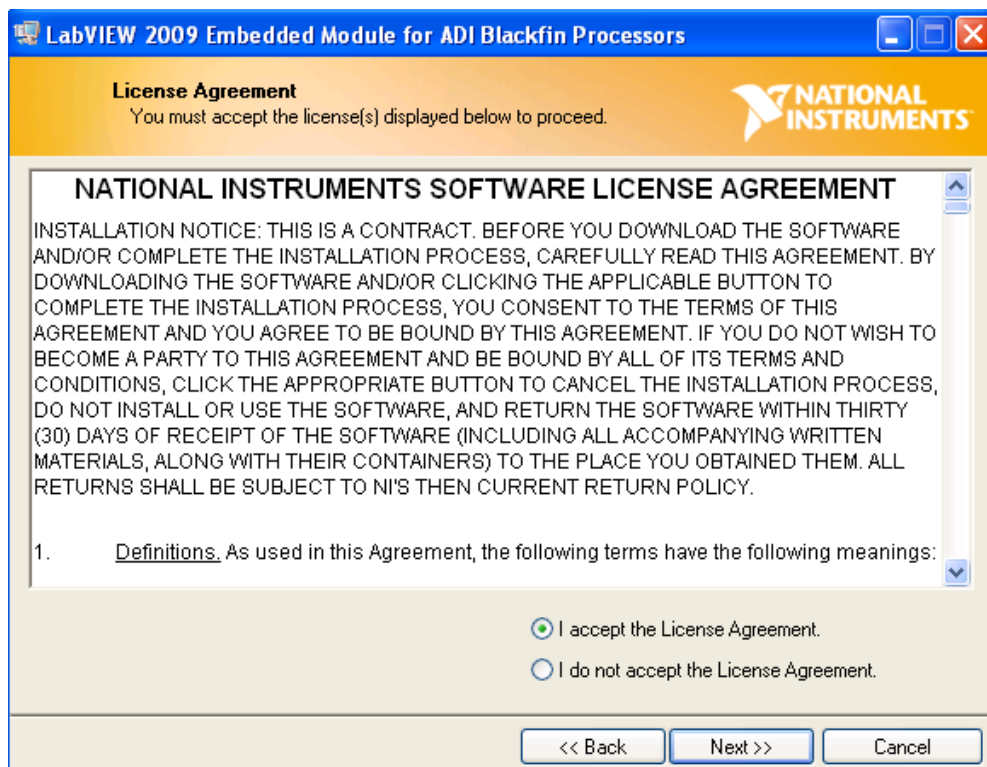
Kuvio 29

19. Poista ruksi ruudusta ja valitse seuraava.



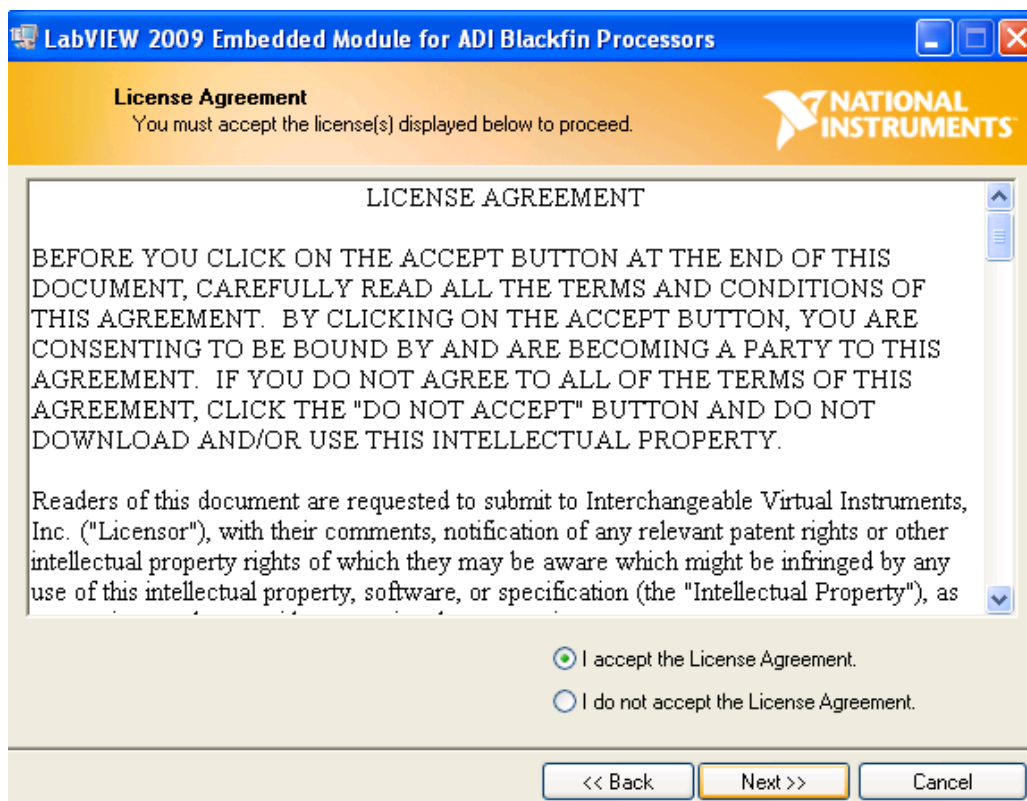
Kuvio 30

20. Hyväksy lisenssiehto.



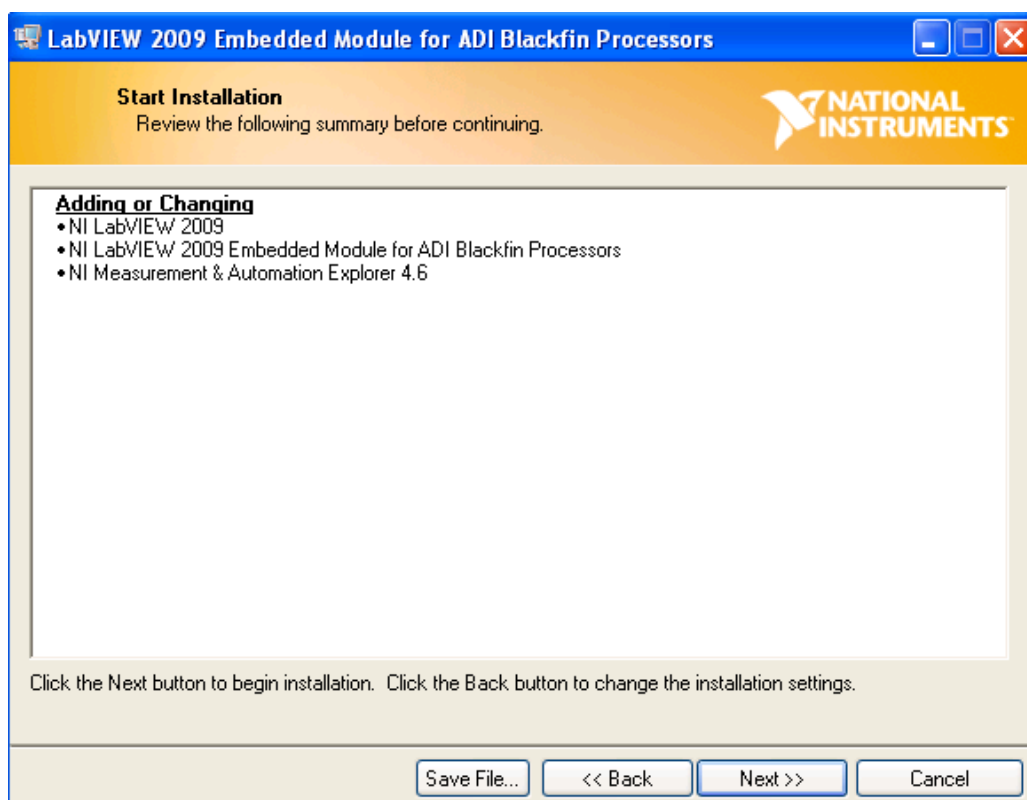
Kuvio 31

21. Hyväksy toinenkin lisenssiehto



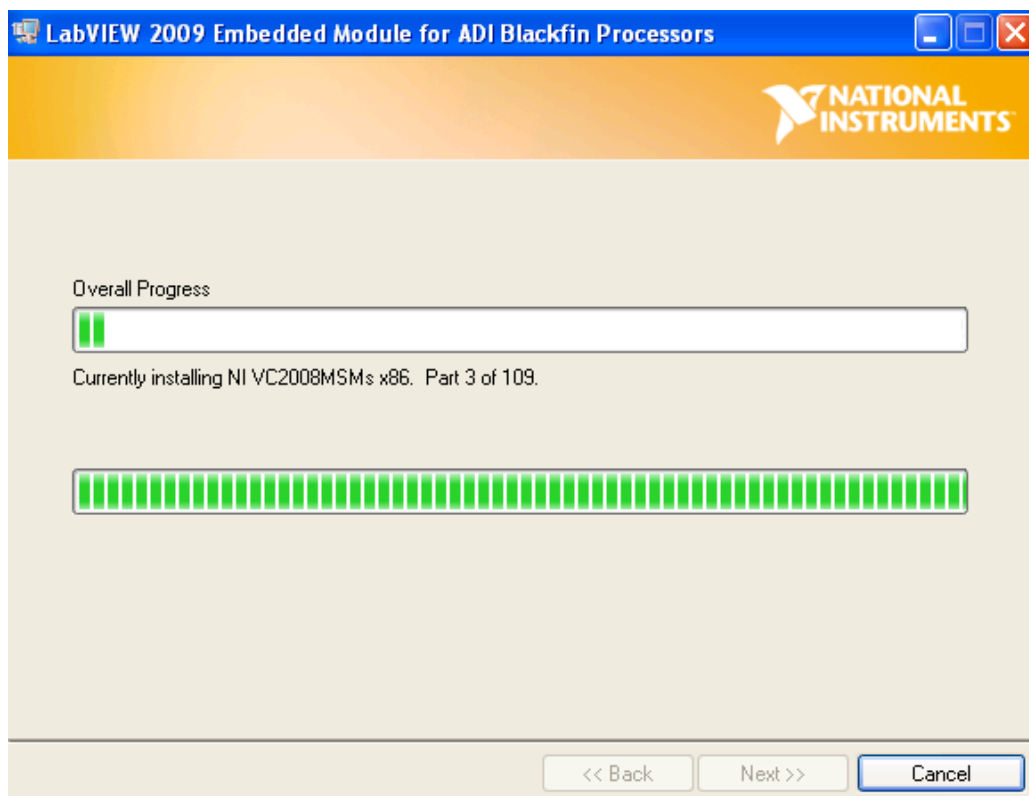
Kuvio 32

22. Asennus tuo asennettavat osat ruudulle. Jatka eteenpäin.



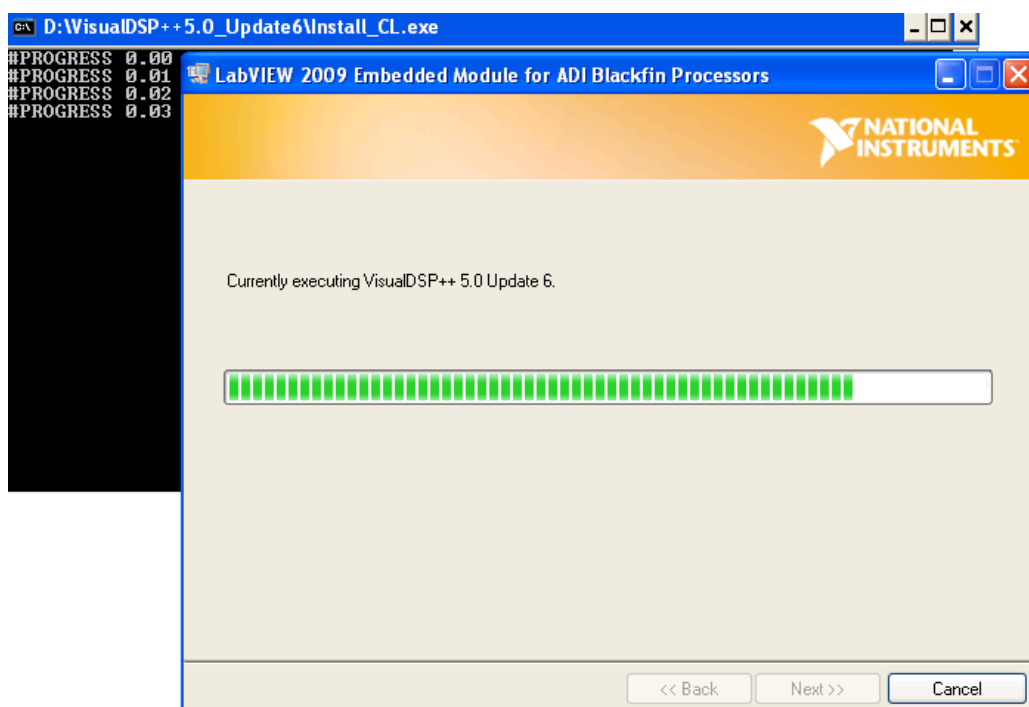
Kuvio 33

23. Asennettavia osia on paljon. Asennus vie aikaa runsaasti.



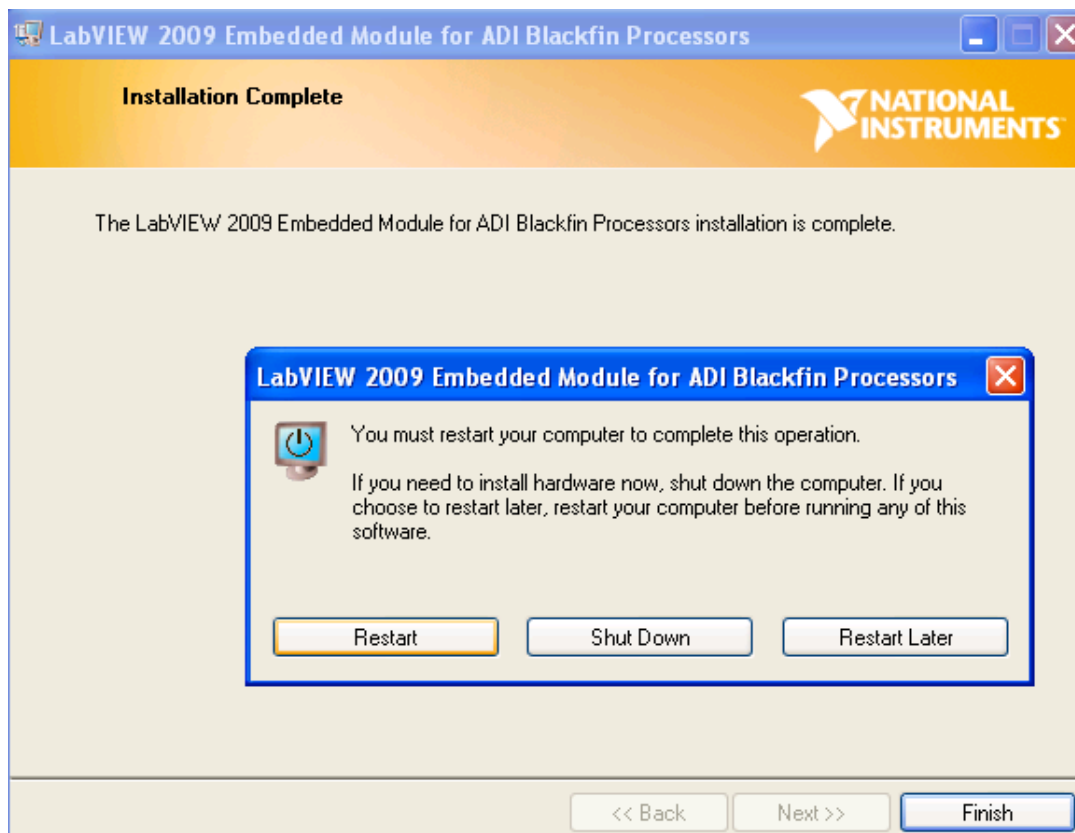
Kuvio 34

24. Asennus päivittää samalla VisualDSP++:n. Paina seuraava-painiketta, kun asennus on valmis.



Kuvio 35

25. Kun asennus on valmis, paina lopeta-painiketta. Tämän jälkeen voit halutessasi käynnistää tietokoneen uudestaan.



Kuvio 36

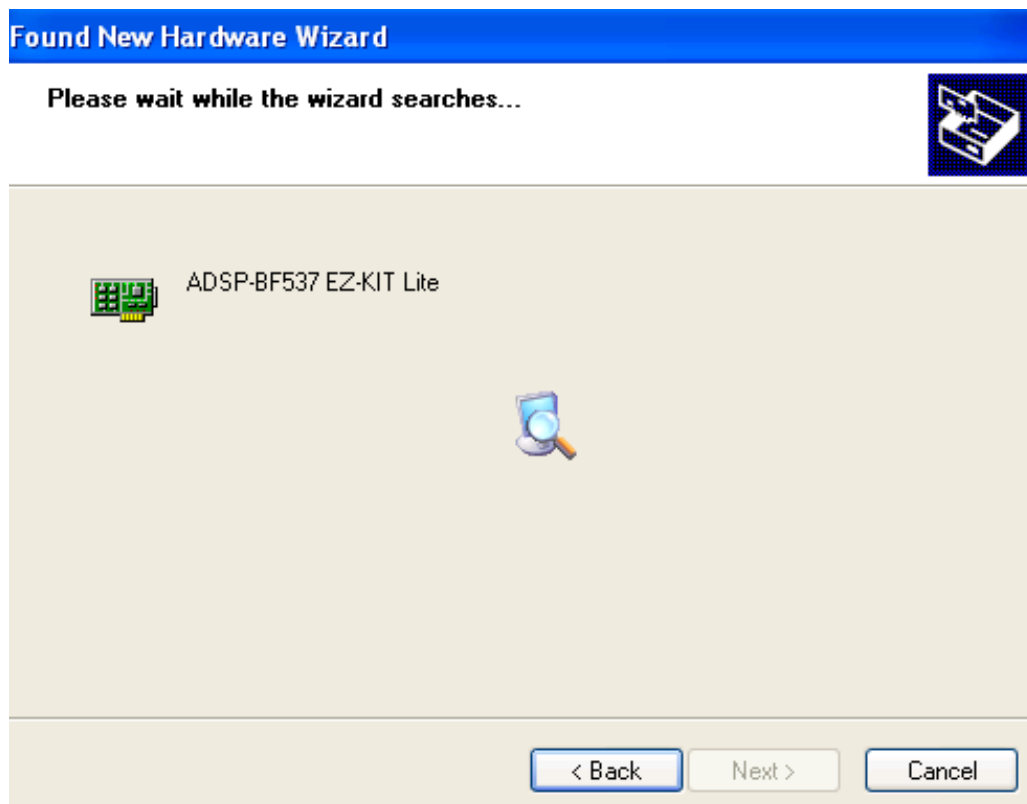
EZ-KITIN asennus ja liittäminen tietokoneeseen

Kun ohjelmat on asennettu, voidaan kehitysalusta kytkeä tietokoneeseen. Suorita seuraavat toimenpiteet ADSP-BF537 EZ-KITIN asentamiseen / kytkemiseen:

1. Kytke virtajohto.
2. Kytke alusta koneeseen kiinni käyttäen USB-kaapelia. Alustan ledit menevät päälle ja alkavat vilkkua. Tietokone ilmoittaa löytäneensä uuden laitteen. Windows 7 asentaa ajurit itsestään ja ilmoittaa kun laite on valmis käytettäväksi. Windows XP:llä aukeaa ikkuna, jossa voidaan asentaa alustan ajurit. Valitse "Install the sotware automatically" ja paina "next".



Kuvio 37



Kuvio 38

3. Kun ajurit on asennettu, poistu asennus-ikkunasta painamalla "finish".



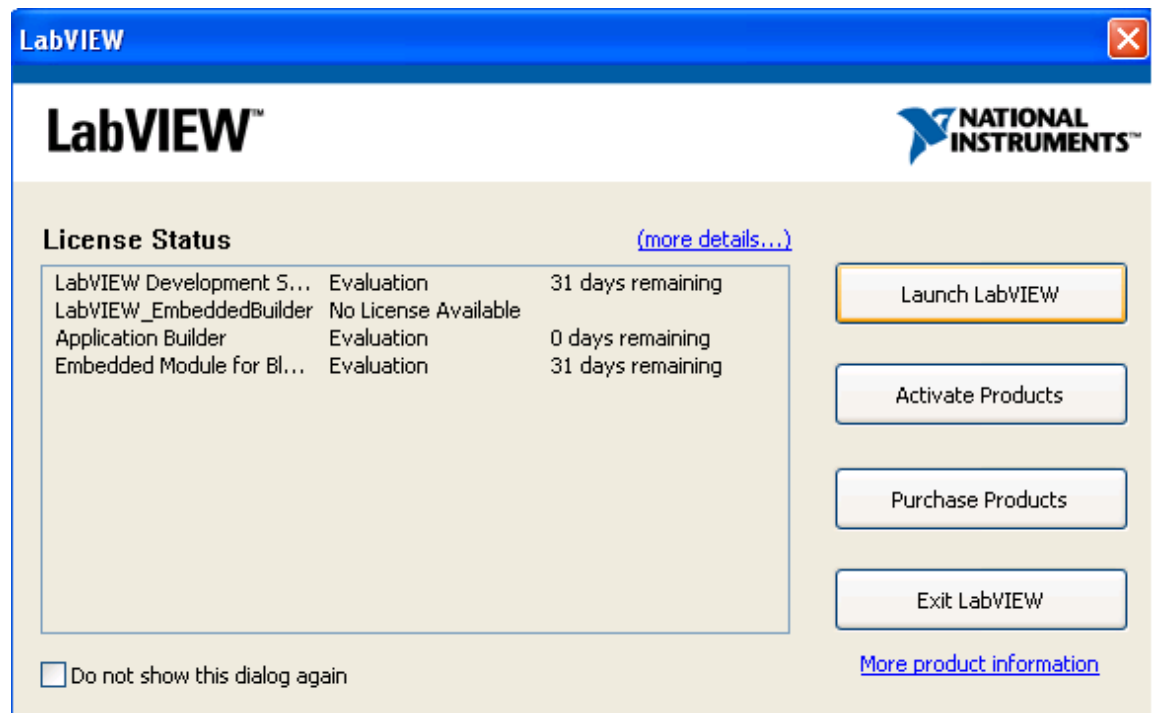
Kuvio 39

4. Asennuksen jälkeen tarkista, että alustan usb-liittimen läheisyydessä oleva ledi (monitor) on päällä. Tämä kertoo sen, että alustan yhteys tietokoneeseen on kunnossa (ajurit asentuneet oikein) ja on valmis käytettäväksi.
5. TCP / IP -debuggausta varten sinun täytyy kytkeä alusta internetiin. (Oletuksena alusta käyttää TCP/IP -debuggausta. Jos haluat vaihtaa sen, katso Editing the Build Specification section.) Voit kytkeä ethernet-kaapelin kehitysalustaan tässä vaiheessa.

Blackfin projektin luominen Labviewilla

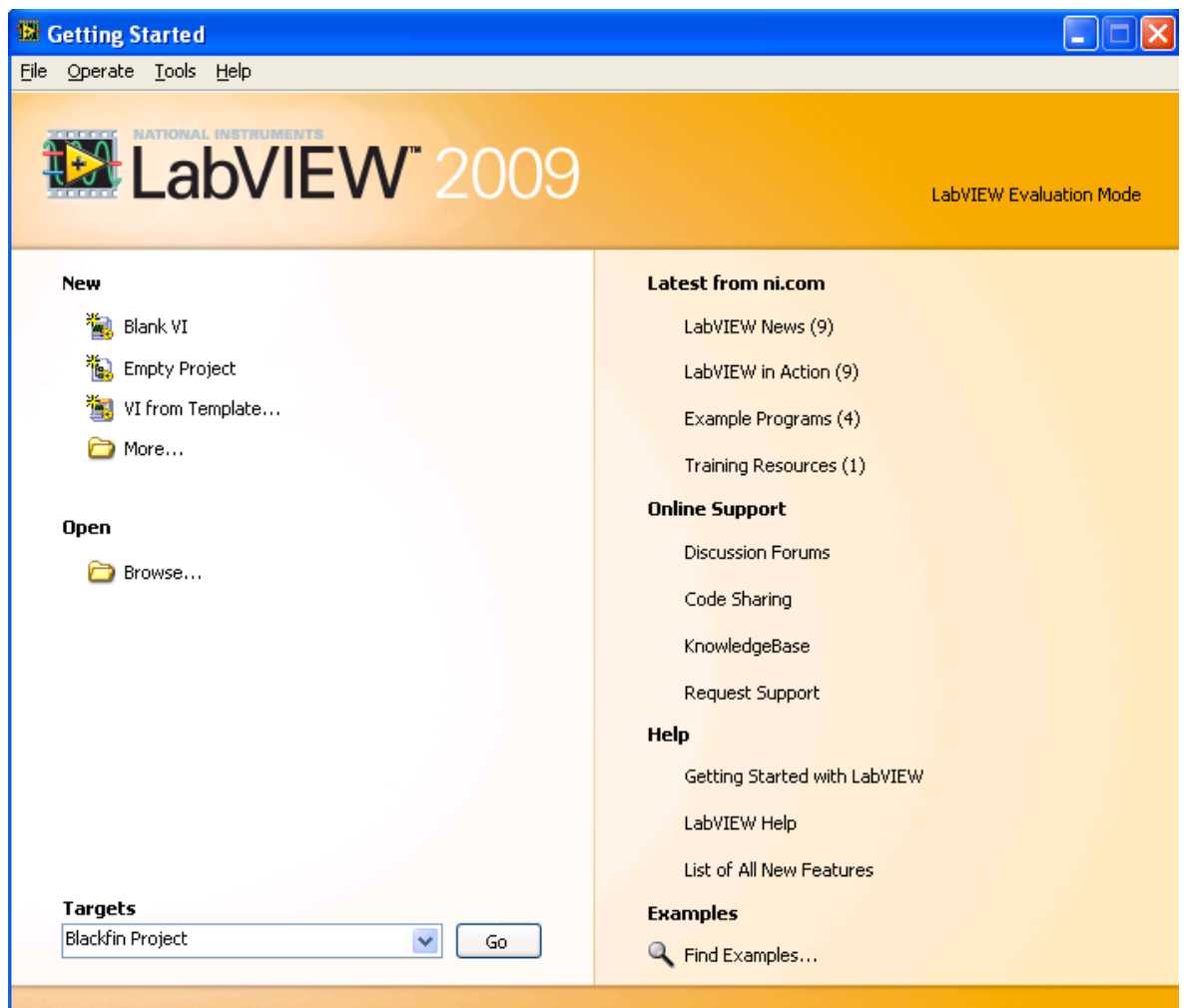
Jotta LabVIEW'tä voi käyttää kyseisen alustan kanssa, alkuvalikosta täytyy valita vasemmasta alareunasta "targets" kohdasta "Blackfin Project". Seuraavaksi luodaan uusi Blackfin projekti. Toimi seuraavien ohjeiden mukaisesti.

1. Käynnistä Labview. Näytölle aukeaa LabVIEW:n valikko, josta näkyy kauanko sen eri lisenssit ovat voimassa. Valitse "Launch LabVIEW".



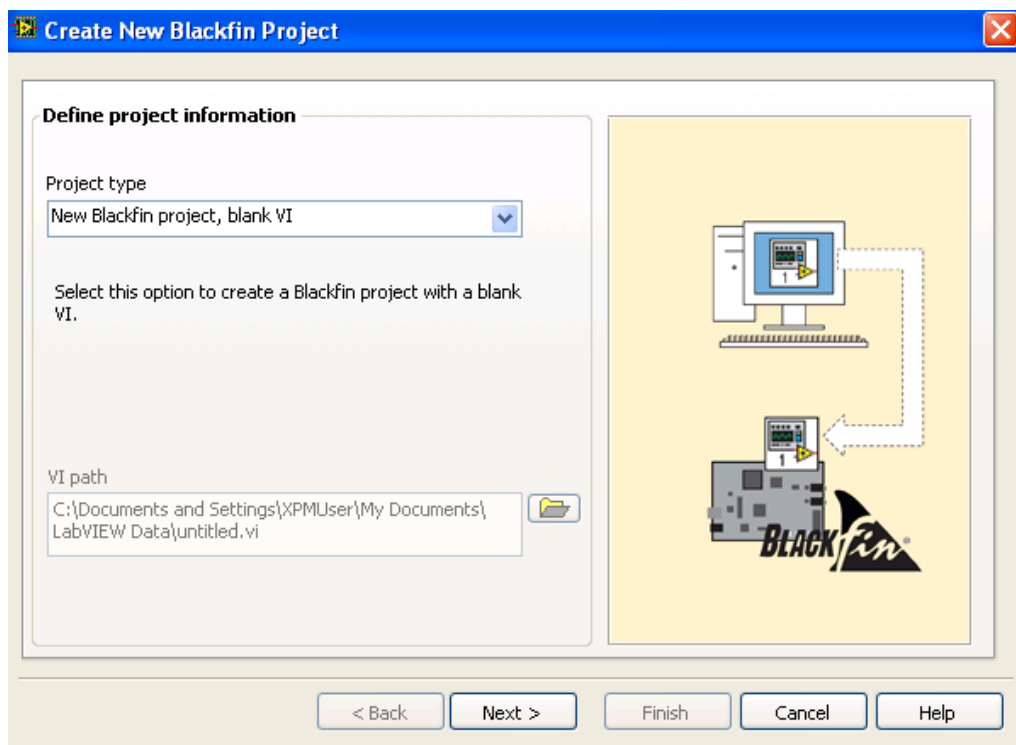
Kuvio 40

2. Ruutuun aukeaa LabVIEW:n aloitusvalikko. Valitse alareunasta Blackfin Project ja paina go-painiketta.



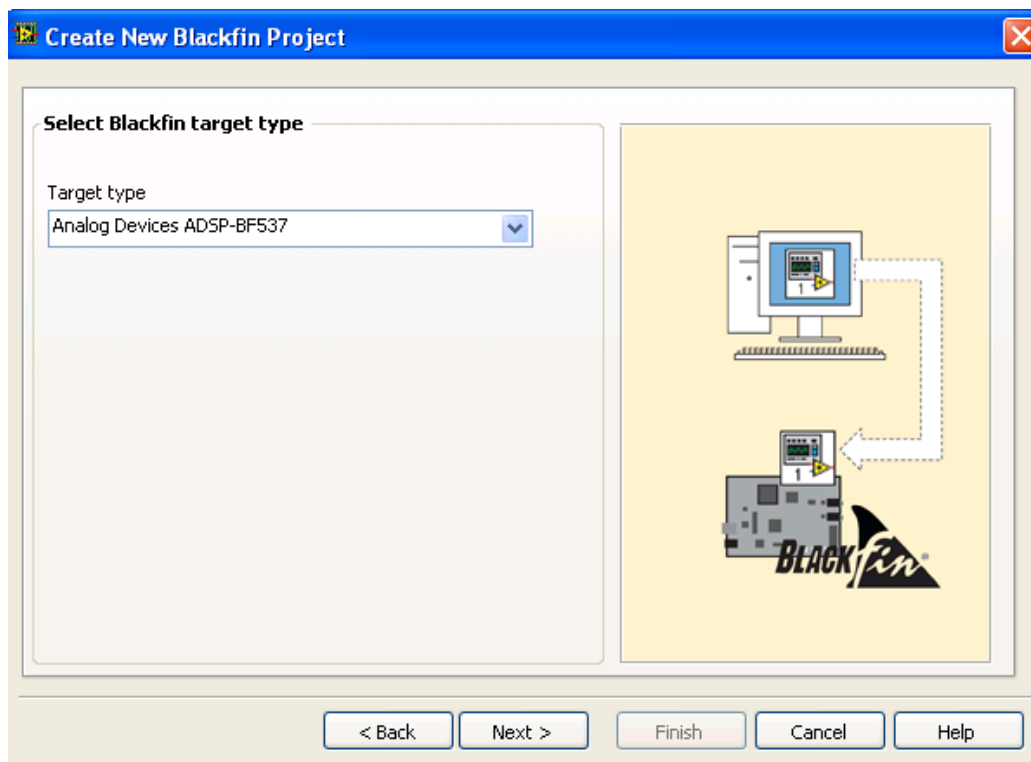
Kuvio 41

3. Valitse projektityypiksi pudotusvalikosta New Blackfin Project, blank.VI ja etene painamalla next-painiketta.



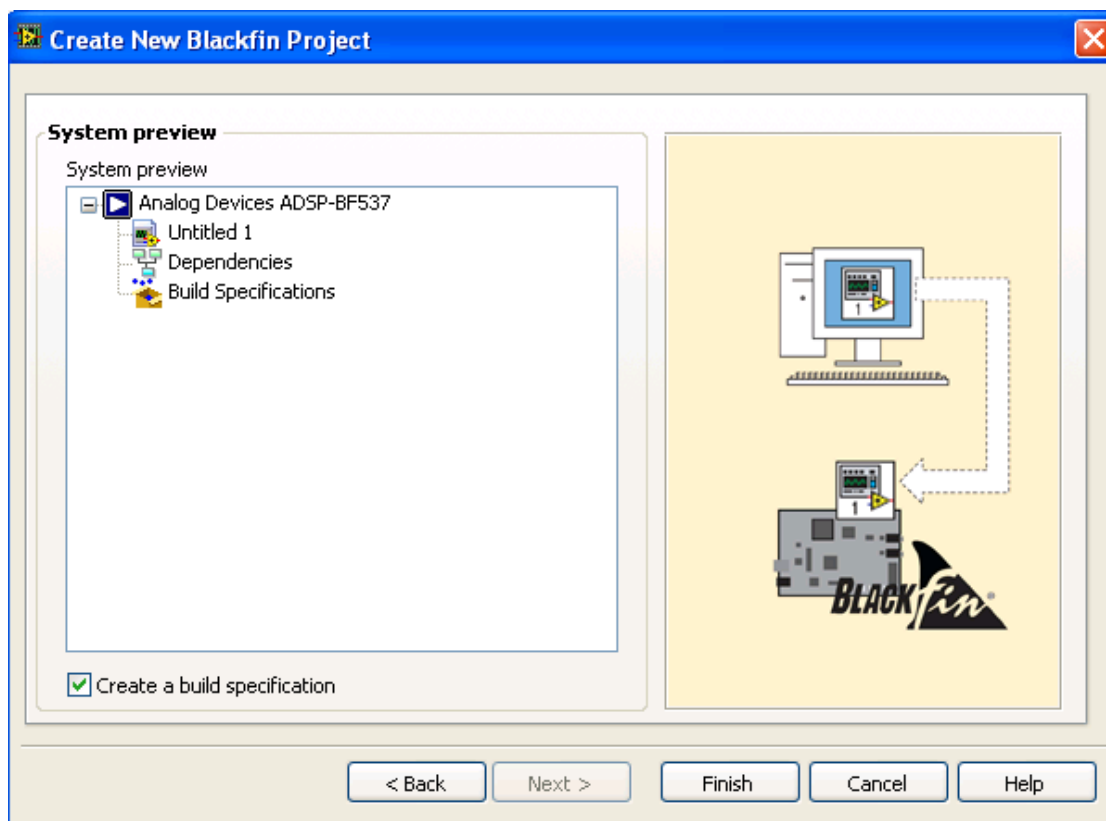
Kuvio 42

4. Valitse vetovalikosta laitteeksi Analog Devices ADSP-BF537 ja paina next-painiketta.



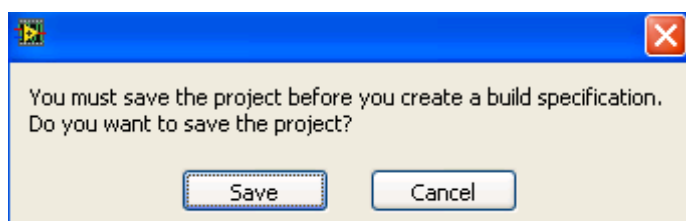
Kuvio 43

5. Laita ruksi kohtaan "Create a build specification" ja paina finish-painiketta.



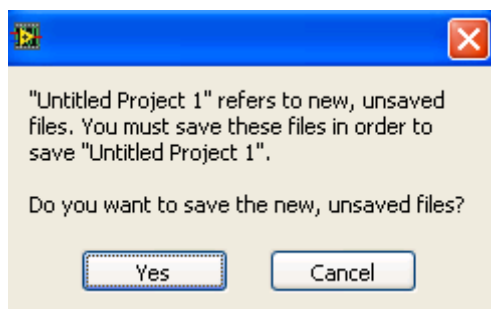
Kuvio 44

6. Ohjelma kehoittaa tallentamaan projektin, joten paina save-painiketta.



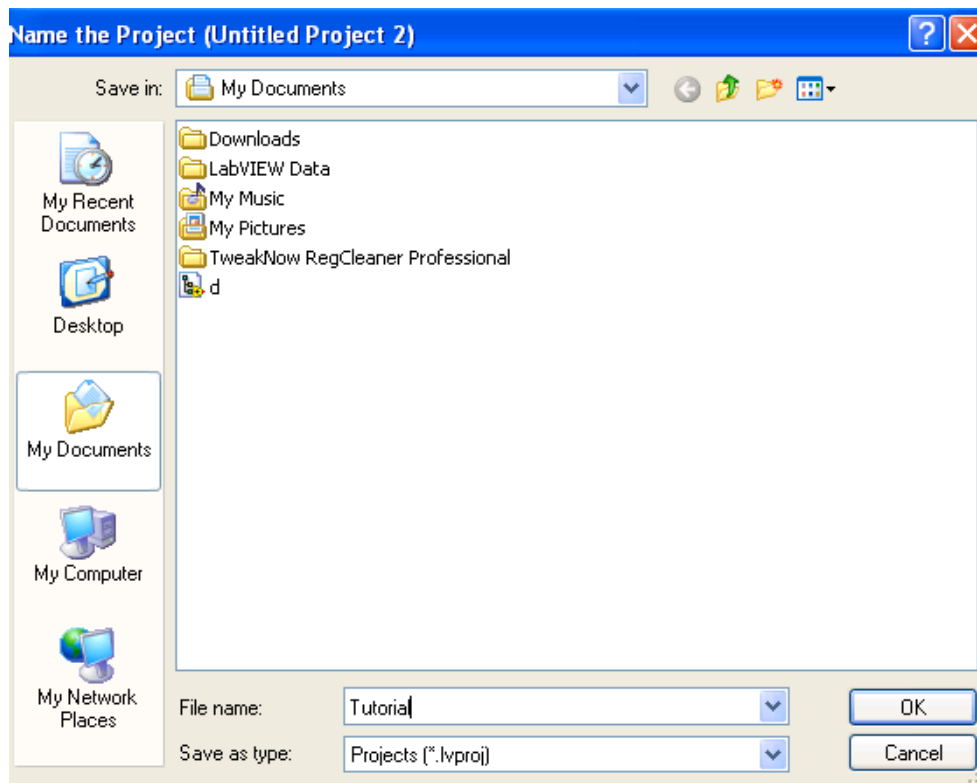
Kuvio 45

7. Seuraavaksi paina yes-painiketta kun ohjelma kehottaa tallentamaan kaikki uudet tallentamattomat tiedot.

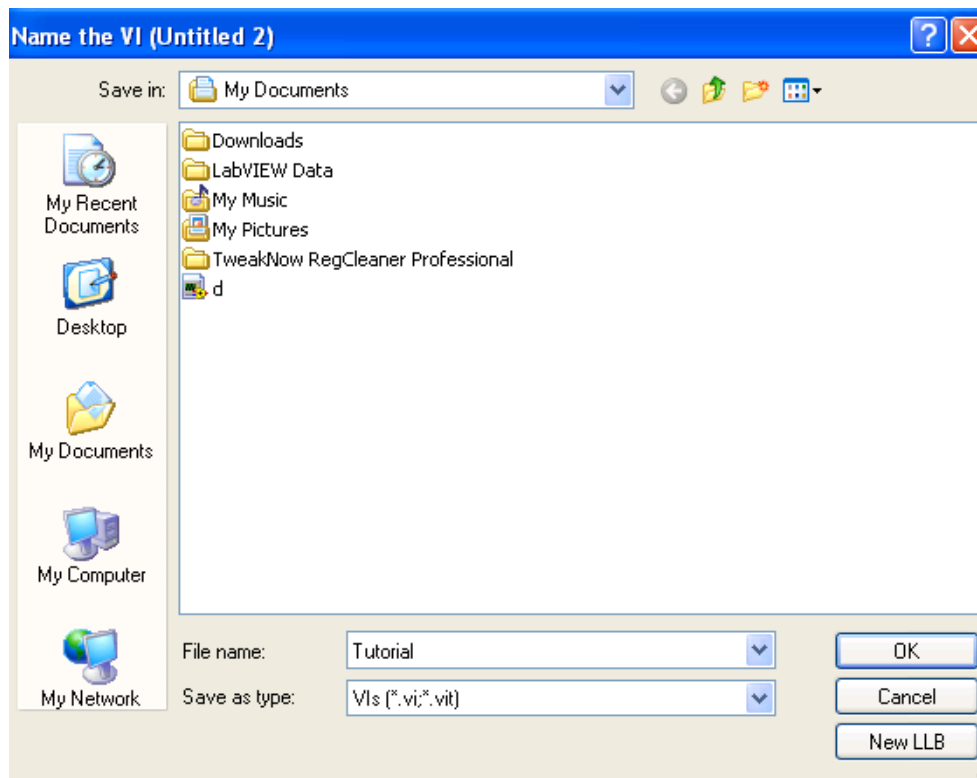


Kuvio 46

8. Tallenna LabVIEW:n projekti nimellä ”Tutorial.lvproj” haluamaasi hakemistoon. Tallenna virtuaali-instrumentti nimellä ”Tutorial.vi”.

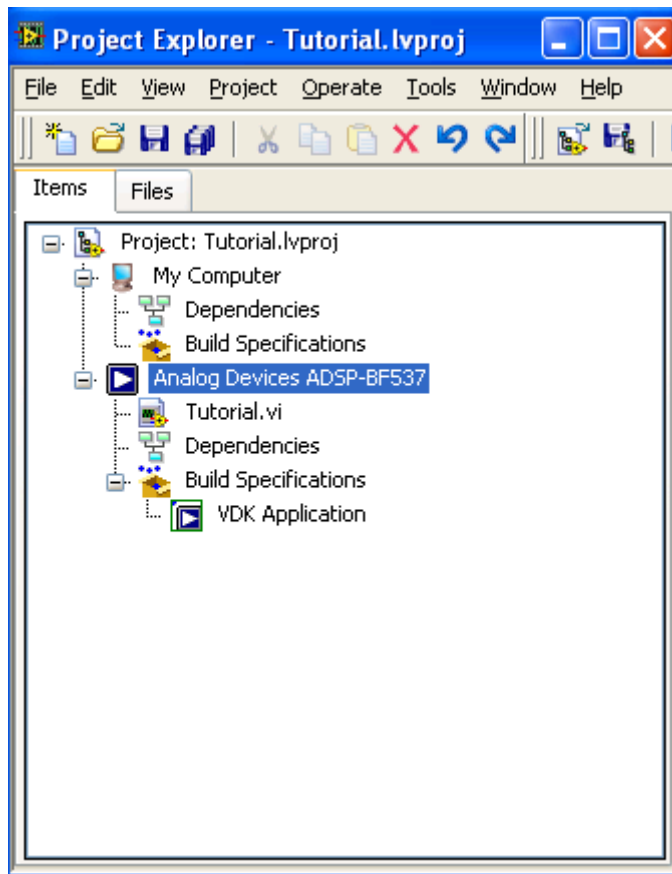


Kuvio 47



Kuvio 48

9. Laajenna Analogic devices ADSP-BF37 Project Explorer ikkunasta ja tarkista, että sen alta löytyy kohta ”Dependencies”. Ohjelman pitäisi lisätä se automaattisesti.
10. Laajenna samasta ikkunasta ”Build Specifications” -osio. Sen alta löytyy ”VDK Application”. Nimeä se uudelleen klikkaamalla oikeata painiketta ja valitse listalta ”rename”. Laita uudeksi nimeksi ”Debug Build”.



Kuvio 49

Etupaneelin luominen

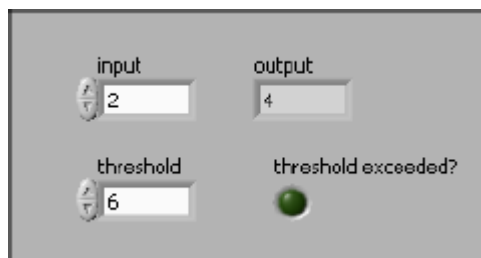
Etupaneeli toimii sulautetun sovelluksen käyttöliittymänä tai LabVIEWillä luotujen Blackfin-sovellusten debuggaus-liittymänä. Seuraavaksi tehdään alustaa käyttäen harjoitus, jossa etupaneelin led-valo syttyy, mikäli sisääntuloarvo ylittää määritellyn arvon (”threshold value”). Suorita seuraavat vaiheet luodaksesi etupaneelin.

1. Lisää seuraavat ohjaimet Tutorial.vi:n etupaneeliin:
 - Kaksi numeerista ohjainta (numeric control), jotka löytyvät valikosta ”Numeric palette”.

- Yksi numeerinen indikaattori, joka löytyy myös valikosta ”Numeric palette”.
- Yksi pyöreä ledi, joka löytyy valikosta ”Boolean palette”.

2. Nimeä ohjaimet uudestaan tuplaklikkaamalla niitä.

- Toisen numeerisen ohjaimen nimeksi ”input”, toisen ”threshold”.
- Indikaattorin nimeksi ”output”.
- Ledin nimeksi ”threshold exceeded?”.



Kuvio 50. Etupaneelin komponentit

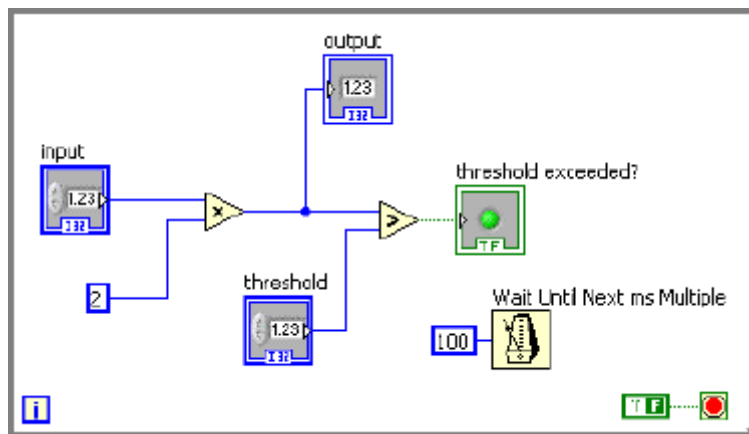
Lohkokaavion luominen

Lohkokaavio on lähdekoodi VI-tiedostolle ja sisältää kuvallisen esityksen sovelluksesta. Etupaneelissa lisätyt kontrollerit ja indikaattorit ilmestyvät lohkokaavioon.

Suorita seuraavat vaiheet tehdäksesi lohkokaavion, joka kertoo sisääntulon kahdella ja sytyttää ledin, mikäli tulos on suurempi kuin määrittämäsi alaraja-arvo (”threshold”). (Lohkokaavion saat näkyviin painamalla etupaneelissa Windows >> show block diagram)

1. Aseta lohkokaavioon ensimmäisenä ”While Loop”, joka löytyy ”Structures”-paletista. Aseta lohkokaaviosta jo löytyvät komponentit / ohjaimet loopin sisään.
2. Klikkaa hiiren oikealla napilla While-loopin oikeassa alareunassa olevaa ehtoa (”the conditional terminal”) ja valitse valikosta ”create constant” (oletuksena ”false”).
3. Lisää loopin sisälle kertolaskufunktio, joka löytyy valikosta ”Numeric palette”.
4. Kytke sisääntulo-ohjain kertolaskufunktion ensimmäiseen sisäänmenoon. Paina hiiren oikealla painikkeella kertolaskufunktion toista sisäänmenoa ja valitse aukeavasta valikosta create >> Constant. Laita kerrottavalle vakiolle arvo 2.

5. Lisää loopin sisään suurempi kuin –funktio, joka löytyy valikosta ”Comparison”.
6. Kytke kertolaskufunktion saatu tulos suurempi kuin -funktion ensimmäiseen sisäänmenoon. Kytke threshold-ohjain suurempi kuin -funktion toiseen sisäänmenoon.
7. Kytke suurempi kuin –funktion ulostulo ”threshold exceeded” –indikaattoriin.
8. Kytke ulostuloindikaattori kertolaskufunktion ulostulon ja suurempi kuin –funktion väliin.
9. Aseta ”Wait Until Next ms Multiple” –funktio (”Time, Dialog & Error” –paletissa) While Loopin sisään.
10. Klikkaa hiiren oikealla painikkeella em. funktion sisääntuloon ja valitse Create >> Constant pikavalikosta (”shortcut menu”).
11. Aseta 100 millisekuntia loopin toistoväliksi.
12. Tallenna VI.



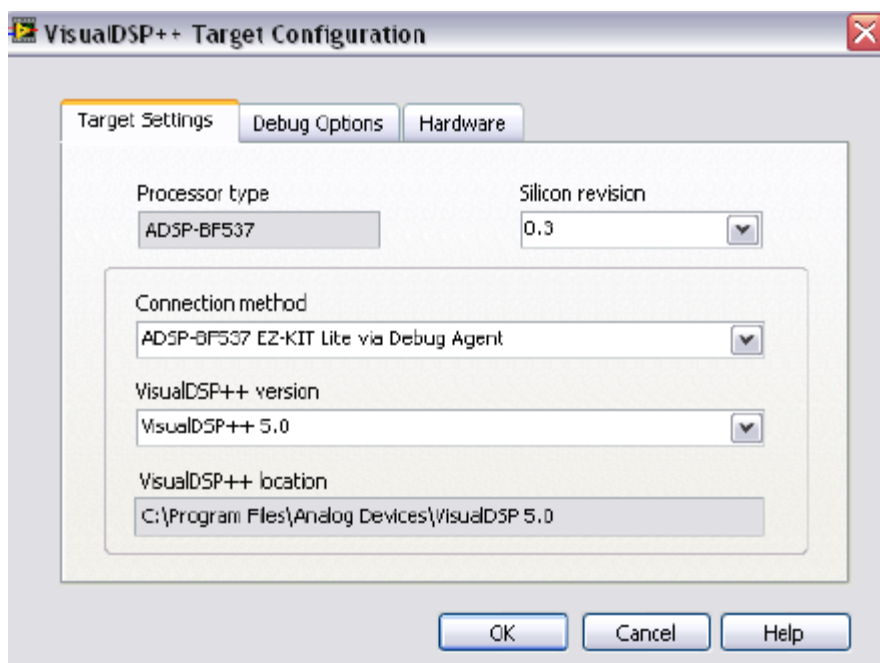
Kuvio 51. Lohkokaavio

Kohteen ja debuggaus-asetusten määrittäminen

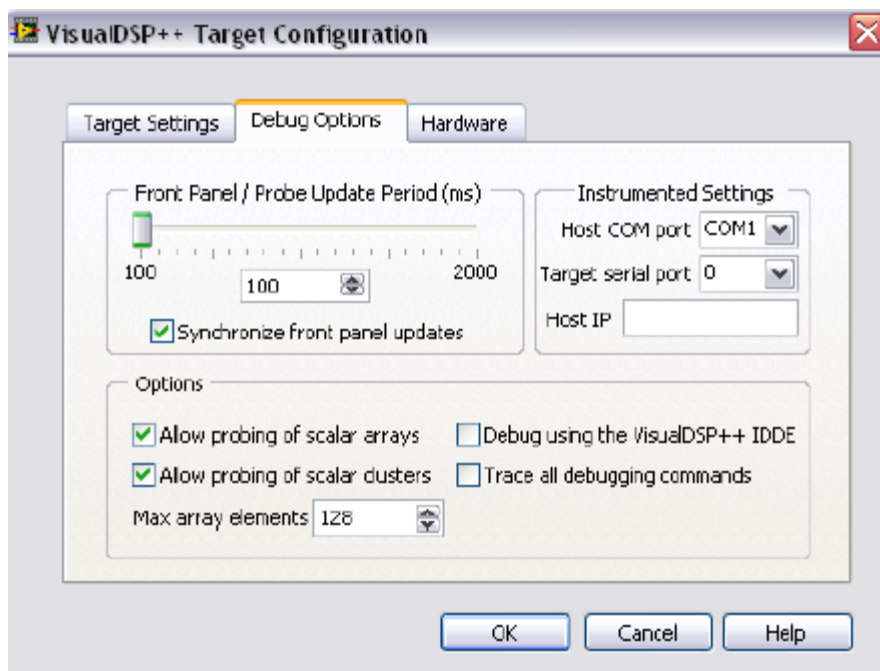
Suorita seuraavat toiminnot kohteen määrittämiseksi.

Klikkaa hiiren oikealla **Analog Devices ADSP-BF537** –otsaketta ”Project Explorer” -ikkunassa ja valitse ”Configure Target”. Tee seuraavat asiat. 1. Valitse ”ADSP-BF537

EZ-KIT Lite via Debug Agent” ”Connection method” –pudotusvalikosta. 2. Klikkaa ”Debug Options” –välilehteen. Vaihda ”Front Panel / Probe Update Period (ms)” –kohdan arvoksi 100 vetoasteikolla tai syöttämällä numeroin kohtaan vetoasteikon alla. 3. Klikkaa OK.



Kuvio 52. Kohteen konfiguointia



Kuvio 53. Kohteen konfiguointia

”Build Specificationin” muokkaaminen

Suorita seuraavat vaiheet määrittääksesi, miten LabVIEW:n C-koodigeneraattori luo C-koodia, ja miten Blackfin VI kääntyy sovellukseksi:

1. Klikkaa hiiren oikealla painikkeella kohdasta ”Debug Build” (löytyy otsikon ”Build Specifications” alta) ”Project Explorer” -ikkunassa ja valitse ”Properties”.
2. Tarkista, että kohdassa ”Enable debugging” ruudussa on ruksi. Tarkista myös, että ”Run-Time Options” -pudotusvalikosta on valittu ”No optimizations”.
3. ”Advanced Debugging Options” -sivulla voit vaihtaa debuggaus-metodia. Valitse siis vasemmassa reunassa olevasta kategorialistasta kyseinen sivu. Oletuksena ohjelmalla on ”TCP port” debuggaus-muoto. Mikäli käytät kyseistä tapaa, varmista, että alusta on kytketty internetiin verkkokaapelilla. Jos haluat käyttää debuggauksessa USB-kaapelia, valitse listasta ”JTAG / EZ-KIT USB”. Jos valitsit edellisen, poista ruksi kohdasta ”Enable lwIP TCP/IP support”. Jos et poista kyseistä ruksia ja käynnistät sovelluksen, kohde etsii linkkiä verkkoon eikä jatka ennen kuin löytää DHCP-osoitteen internetistä.
4. Paina OK ja tallenna projekti.

Blackfin-sovelluksen kääntäminen ja käynnistäminen

Suorita seuraavat vaiheet Blackfin-sovelluksen testaamista ja käynnistämistä varten:

1. Klikkaa hiiren oikealla painikkeella kohdasta ”Debug Build” (löytyy otsikon ”Build Specifications” alta) ”Project Explorer” -ikkunassa ja valitse ”build”. Tämän jälkeen ohjelma tutkii onko alusta kytketty oikein sekä kääntää tehdyn sovelluksen, ja antaa tulokset.
2. Klikkaa seuraavaksi uudestaan hiiren oikealla painikkeella kohtaa ”Debug Build” ja valitse listasta ”debug”. Ohjelma lataa sovelluksen kohteeseen ja käynnistää sen automaattisesti.
3. Tarkista ”Processor Status”-ikkunasta, että sovellus on käynnissä kohteessa. Ikkuna antaa myös lisätietoa käynnissä olevasta sovelluksesta.
4. Syötä etupaneelissa arvo kohtaan ”threshold”.

5. Tämän jälkeen anna erilaisia arvoja etupaneelin ”Inputille”. ”Output” vaihtelee sen mukaan mitä arvoja ”Inputiin” laittaa. Kun ”Outputin” arvo on suurempi kuin ”threshold”, ledi syttyy.
6. Lopuksi paina ”Abort Execution” –nappia sammuttaaksesi sovelluksen.

Blackfin-sovelluksen testaaminen ja profilointi

Debuggaus tarkoittaa reaaliaikaista yhteyttä LabVIEW:n ja Blackfin-kohteen välillä. Se onnistuu laittamalla raksi ”Enable debugging” -ruutuun ”Application Information page” -sivulla ”Build Specification Properties” -ikkunassa.

Suoritusajat saadaan näkyviin profiloinnin avulla. Se tehdään laittamalla raksi ”Enable Profile Information” -ruutuun ”Advanced debugging options” -sivulla ”Build Specification Properties” -ikkunassa.

Sisääntulojen ja ulostulojen käyttö (”Elemental I/O”)

Sisääntulojen ja ulostulojen kautta välittyy tietoa kohteen eri osien välillä. Niitä on erityyppisiä, esimerkiksi analogisia ja digitaalisia.

Seuraavat osiot kuvaavat, kuinka sisääntuloja ja ulostuloja käytetään, jotta saadaan ledi syttymään, kun raja-arvo (”threshold”) ylittyy.

Sisääntulojen ja ulostulojen valinta

1. Klikkaa hiiren oikealla napilla ”Analog Devices ADSP-BF537” -kohtaa ”Project Explorer” -ikkunassa ja valitse ”Select Elemental I/O” valikosta. Ikkunassa määritetään kohteen sisääntulot ja ulostulot.
2. Valitse ”BF537” ”Select Elemental I/O Device” -listasta (EZ-KIT I/O) ja klikkaa OK.

Sisääntulojen ja ulostulojen lisääminen projektiin

Suorita seuraavat vaiheet sisääntulojen ja ulostulojen lisäämiseksi:

1. Klikkaa hiiren oikealla napilla ”Analog Devices ADSP-BF537” -kohtaa ”Project Explorer” -ikkunassa ja valitse New >>Elemental I/O valikosta.

2. Suurennä ”Digital Output” ”Available Resources” -kohdassa.
3. Pidä Ctrl-näppäintä alhaalla ja klikkaa LED1:tä ja LED2:ta valitaksesi molemmat.
4. Klikkaa Add-nappia lisätaksesi LED1:n ja LED2:n ”New Elemental I/O” -listaan.
5. Klikkaa OK.

Sisääntulojen ja ulostulojen käyttö lohkokaaviossa

Suorita seuraavat vaiheet, jotta voit käyttää sisääntuloja ja ulostuloja lohkokaaviossa ja saat ledit syttymään:

1. Vedä LED1 ”Project Explorer” -ikkunasta lohkokaavioon ”threshold exceeded?” -indikaattorin yläpuolelle.
2. Suurennä ”Elemental I/O” -noodi nostamalla alareunaa kunnes LED1 ja LED2 näkyvät.
3. Kytke suurempi kuin -ulostulo suurempi kuin -funktiossa LED1:een ja LED2:een ”Elemental I/O” -noodissa.

Klikkaa oikealla napilla kytköstä suurempi kuin -ulostulon ja LED2:n välillä ja valitse Insert>>Boolean Palette>>Not valikosta Not-funktion lisäämiseksi. Not-funktion lisääminen määrittelee sen, että LED1 ja LED2 vuorottelevat, eli kun LED1 on päällä, LED2 on pois päältä.

Sovelluksen kääntäminen ja käynnistäminen sisääntulojen ja ulostulojen avulla

Suorita seuraavat vaiheet sovelluksen käynnistämiseksi:

1. Paina Run-nappia. LabVIEW pyytää tällöin sulautetun sovelluksen kääntämistä, jos se on tarpeen.
2. Paina Save-nappia kun LabVIEW pyytää sitä.

3. Syötä eri arvoja ”input”-kohtaan, kunnes ”threshold exceeded?” –indikaattori syttyy etupaneelissa. Kun indikaattori syttyy, myös LED1 syttyy ja LED2 on sammuneena.
4. Paina ”Abort Execution” sammuttaaksesi sovelluksen.